

RORO-putnički brod s plino-električnom propulzijom

Kučan-Martinić, Arno

Master's thesis / Diplomski rad

2008

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:474483>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori

Prof. dr. sc. Izvor Grubišić
Doc. dr. sc. Vedran Slapničar

Arno Kučan-Martinić

Zagreb, 2008

Sadržaj:

I. SAŽETAK	1
1. Uvod.....	2
2. Analiza trajektnog prometa u Republici Hrvatskoj	9
3. Analiza trajektnih ruta Zadar-Preko i Split- Supetar	19
3.1. Analiza trajektne rute Zadar-Preko	23
3.2. Analiza trajektne rute Split - Supetar	25
4. Baza brodova	27
5. Sinteza projekta.....	29
5.1. Preliminarne glavne dimenzije	29
5.2. Dimenzije vozila	29
5.3. Dimenzije i glavne značajke prostora i putničkih koridora na brodu.....	31
6. Konstrukcija broda.....	38
6.1. Općenito o konstrukciji broda.....	38
6.2. Teoretski razmak rebara, pregrade i orijentacija materijala	38
6.3. Krov kormilarnice	39
6.4. Sunčana paluba	40
6.5. Paluba putnika	41
6.6. Međupaluba	43
6.7. Paluba kaštela i rampe za putnike	44
6.8. Glavna paluba.....	45
6.9. Dvodno broda	45
6.10. Bok broda.....	47
6.11. Uzdužna čvrstoća broda	49
6.12. Provjera čvrstoće uzdužnih elemenata.....	53
6.13. Provjera čvrstoće poprečnih elemenata	54

7. Masa broda.....	55
7.1. Masa čelika trupa	55
7.2. Masa opreme i instalacija.....	56
7.3. Uzdužni raspored mase čelika broda	57
7.4. Uzdužni raspored mase opreme i instalacija.....	60
7.5. Masa praznog opremljenog broda	62
7.6. Masa zaliha.....	64
7.8. Masa tereta	64
7.9. Istisnina broda	65
8. Osnivanje forme broda.....	66
8.1. Općenito o formi broda	66
8.1. Linije projekta.....	67
8.2. Hidrostatičke značajke broda na KVL-u	68
8.3. Dijagramni list	69
8.4. Analiza savijanja broskog trupa	71
9. Propulzija broda	75
9.1. Eksploatacijske prednosti električne propulzije	75
9.2. Plinsko gorivo	78
9.2.1. Sigurnosni zahtjevi za gradnju broda s plinskom propulzijom	79
9.3. Osnivanje brodske strojarnice.....	80
9.3.1. Procjena potrošnje goriva M/B Hrvatske	80
9.3.2. Procjena maksimalne instalirane generatorske snage.....	81
9.3.3. Pogonsko gorivo	81
9.4. Otpor broda	82
9.5. Utjecaj trupa.....	83
9.6. Odabir generatorskog seta i pogonske grupe	86
9.6.1. Generatorski set	86

9.6.2. Propulzijski uređaji	86
9.7. Konstrukcija prognoznog dijagrama	86
10. Stabilitet broda	91
10.1. Analiza trima i stabiliteta	94
10.1.1. Prvo stanje krcanja	94
10.1.2. Drugo stanje krcanja	99
10.1.3. Treće stanje krcanja	104
10.1.4. Četvrto stanje krcanja	109
10.1.5. Peto stanje krcanja	114
10.1.5. Šesto stanje krcanja	118
10.2. Zaključak analize trima i stabiliteta	122
11. Ekonomska analiza broda	123
12. Posebni zahtjevi za udobnost putnika	125
13. Tehnički opis	127
14. Zaključak	131
15. Literatura	133
16. Prilozi	135

Popis slika:

Slika 1: Današnje trajektne linije	6
Slika 2: Dijagram prevezenih putnika od 1987 do 2006 godine.	11
Slika 3: Srednja putnička zastupljenost	13
Slika 4: Srednja zastupljenost automobilima	14
Slika 5: Broj prevezenih putnika na liniji Zadar-Preko.....	17
Slika 6: Broj prevezenih automobila na liniji Zadar-Preko	17
Slika 7: Broj prevezenih putnika na liniji Split-Supetar	18
Slika 8: Broj prevezenih automobila na liniji Split-Supetar.....	18
Slika 9: Gantogram trajektne rute	20
Slika 10: Isječak iz nautičke karte (ruta Zadar-Preko)	23
Slika 11: Isječak iz nautičke karte (ruta Split-Supetar)	25
Slika 12: Plan smještenih vozila	32
Slika 13: Plan komunikacije putnika pješaka preko palube kaštela	34
Slika 14: Prostorni prikaz pristupa pješaka	36
Slika 15: Prostorni prikaz garaže (dignute pomične palubice).....	37
Slika 16: Prostorni prikaz garaže (spuštene pomične palubice).....	37
Slika 17: Orijentacija materijala	38
Slika 18: Preliminarna konstrukcija krova kormilarnice.....	39
Slika 19: Konstrukcija sunčane palube	40
Slika 20: Detalj spoja okvirne sponje i uzdužne pregrade	41
Slika 21: Konstrukcija palube putnika	42
Slika 22: Konstrukcija međupalube.....	43
Slika 23: Konstrukcija međupalube kaštela.....	44
Slika 24: Konstrukcija glavne palube	46
Slika 25: Konstrukcija boka broda	48
Slika 26: Raspored naprezanja u trupu usljed savijanja	51
Slika 27: Raspored naprezanja u limovima usljed lokalnog opterećenja tlakom	51
Slika 28: Raspored naprezanja izvijanja usljed normalne sile	52
Slika 29: Grafički prikaz ukupnih naprezanja u uzdužnim elementima	53
Slika 30: Grafički prikaz naprezanja usljed lokalnih opterećenja	53
Slika 31: Grafički prikaz ukupnih naprezanja u poprečnim elementima (okviri).....	54

Slika 32: Grafički prikaz naprezanja uslijed lokalnih opterećenja(u okvirima)	54
Slika 33: Uzdužni raspored mase čelika trupa	59
Slika 34: Uzdužni raspored mase opreme i instalacija	61
Slika 35: Uzdužni raspored mase praznog opremljenog broda.....	63
Slika 36: Pogled na rebra sličnog broda.....	66
Slika 37: Rebra projekta [S4]	67
Slika 38: Dijagramni list.....	70
Slika 39: Dijagram momenata savijanja i poprečnih sila (mirna voda).....	72
Slika 40: Dijagram momenata savijanja i poprečnih sila broda u valnom dolu (sagging)	73
Slika 41: Dijagram momenata savijanja i poprečnih sila broda na valnom brijegu (hogging)	74
Slika 42: Shema spajanja i bilanca snage elektro propulzije	76
Slika 43: Specifična potrošnja goriva dizel motora.	77
Slika 44: Usporedba specifične potrošnje goriva	77
Slika 45: Prostorni prikaz postavljenih kontrolnih ravnina [S7].....	83
Slika 46: Grafički prikaz brzina u ravnini pramčanog propelera [S7].....	84
Slika 47: Grafički prikaz brzina u ravnini krmenog propelera [S7].....	85
Slika 48: Prognozni dijagram broda.....	88
Slika 49: Ovisnost potrebne generatorske snage o brzini broda i instalirane snage u različitim režimima rada generatora	90
Slika 50: Poluga stabiliteta (S.K. – 1)	97
Slika 51: Poluga stabiliteta (S.K. – 2)	102
Slika 52: Poluga stabiliteta (S.K. – 3)	107
Slika 53: Poluga stabiliteta (S.K. – 4)	112
Slika 54: Poluga stabiliteta (S.K. – 5)	117
Slika 55: Poluga stabiliteta (S.K. – 6)	121

Popis tablica:

Tablica 1: Broj prevezenih putnika od 1987 do 2006 godine.....	10
Tablica 2: Broj prevezenih putnika i vozila u razdoblju od 2003. do 2006. godine	12
Tablica 3: Zastupljenost putnicima izražena u postotcima	13
Tablica 4: Zastupljenost automobilima izražena u postotcima	14
Tablica 5: Prikaz indeksa porasta prevezenih putnika.....	15
Tablica 6: Prikaz indeksa porasta prevezenih automobila	16
Tablica 7: Prikaz vremena i varijabli ruta.....	21
Tablica 8: Vrijednosti brzine i vremena.....	24
Tablica 9: Vrijednosti brzine i vremena provedenog	26
Tablica 10: Flota Jadrolinije protočnih trajekata.....	27
Tablica 11: Tablica protočnih trajekata (Mediteran i Baltik).....	28
Tablica 12: Raspon dimenzija projekta.....	29
Tablica 13: Dimenzije vozila	30
Tablica 14: Minimalne i ostvarene dimenzije elemenata komunikacije.....	31
Tablica 15: Glavne dimenzije broda	35
Tablica 16: Kapacitet broda	35
Tablica 17: Opterećenja brodskog trupa	49
Tablica 18: Zahtijevane i ostvarene geometrijske karakteristike trupa.....	50
Tablica 19: Masa čelika trupa	55
Tablica 20: Masa opreme i instalacija(spuštene palubice)	56
Tablica 21: Masa opreme i instalacija(dignute palubice)	57
Tablica 22: Uzdužni raspored mase čelika trupa	58
Tablica 23: Uzdužni raspored mase opreme i instalacija	60
Tablica 24: Masa praznog opremljenog broda.....	62
Tablica 25: Masa zaliha	64
Tablica 26: Specifično stanje krcanja	64
Tablica 27: Istisnina i konačne dimenzije forme broda	65
Tablica 28: Hidrostatičke značajke broda na KVL-u [S2].....	68
Tablica 29: Podaci za konstrukciju dijagramnog lista [S2].....	69
Tablica 30: Brodovi pokretani prirodnim plinom [7].....	78
Tablica 31: Snaga otpora broda	82

Tablica 32: Prognozna tablica- krma	87
Tablica 33: Prognozna tablica-pramac	87
Tablica 34: Dijagram potrebne generatorske snage	89
Tablica 35: Raspoloživa snaga u različitim režimima	89
Tablica 36: Prvo stanje krcanja (12 trailera) i centracija vozila i putnika.....	92
Tablica 37: Drugo stanje krcanja i centracija vozila i putnika	93
Tablica 38: Tablica masa (S.K. - 1)	94
Tablica 39: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 1)	95
Tablica 40: Provjera osnovnih uvijeta stabiliteta (S.K. – 1)	96
Tablica 41: Provjera uvijeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 1)	98
Tablica 42: Tablica masa(S.K. – 2).....	99
Tablica 43: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 2)	100
Tablica 44: Provjera osnovnih uvijeta stabiliteta (S.K. – 2)	101
Tablica 45: Provjera uvijeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 2)	103
Tablica 46: Tablica masa (S.K. – 3)	104
Tablica 47: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 3)	105
Tablica 48: Provjera osnovnih uvijeta stabiliteta (S.K. – 3)	106
Tablica 49: Provjera uvijeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 3)	108
Tablica 50: Tablica masa (S.K. – 4)	109
Tablica 51: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 4)	110
Tablica 52: Provjera osnovnih uvijeta stabiliteta (S.K. – 4)	111
Tablica 53: Provjera uvijeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 4)	113
Tablica 54: Tablica masa (S.K. – 5)	114
Tablica 55: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 5)	115
Tablica 56: Provjera osnovnih uvijeta stabiliteta (S.K. – 5)	116
Tablica 57:Tablica masa (S.K. – 6).....	118
Tablica 58:Hidrostatičke značajke (S.K. – 6).....	119
Tablica 59: Provjera osnovnih uvijeta stabiliteta (S.K. – 6)	120
Tablica 60: Specifična potrošnja M/B Hrvat	123
Tablica 61: Specifična potrošnja goriva projekta.....	123
Tablica 62: Usporedba specifičnih godišnjih potrošnja goriva	124
Tablica 63: maksimalne vrijednosti buke.....	125

Popis fizikalnih veličina:

Loa	[m]	duljina broda preko svega
Lpp	[m]	duljina broda između perpendikulara
Lvl [m]	[m]	duljina vodne linije
B [m]	[m]	širina broda
T[m]	[m]	gaz broda
H [m]	[m]	visina broda, visina
Δ	[t]	istisnina broda
V	[m ³]	volumen broda, volumen
V	[l]	volumen
v	[čv]	brzina broda
s	[km]	duljina puta
s	[nm]	duljina puta
t	[min]	vrijeme
t	[s]	vrijeme
a	[m/s ²]	ubrzanje
m	[t]	masa
D.m.	[t/m]	dužna masa
p.m.	[t/m ²]	plošna masa
D	[m]	promjer vijka, promjer
P	[m]	uspon vijka
F	[kN]	sila
R	[N]	sila tegljenja, sila
p	[kN/m ²]	tlak
M	[kNm]	moment
w	[m ³]	moment tromosti
I	[m ⁴]	moment otpora
P	[kW]	snaga
P	[hp]	snaga
P	[ks]	snaga
Pd	[kW]	snaga predana vijcima
P-gen	[kW]	generatorska snaga
n	[o/min]	broj okretaja
proprpm	[o/min]	broj okretaja propelera
s.p.g.	[kJ/kW-h]	specifična potrošnja plinskog goriva
s.p.g.	[l/h]	specifična potrošnja diesel goriva
D _d	[kJ/kg]	donja ogrijevna moć
Longarm, x	[m]	uzdužni položaj težišta
Transarm, y	[m]	poprečni položaj težišta
Vertarm, z	[m]	položaj težišta po visini
hulleff		koeficijent korisnosti trupa
propeff		koeficijent korisnosti propelera

I. SAŽETAK

Tema diplomskog rada osnovati je double-ended (protočni trajekt) za povezivanje jadranske obale s otocima. Preliminarni kapacitet broda je cca 140 automobila i 1200 putnika. Posebni zahtjevi su smanjenje vremena ukrcavanja automobila i putnika, što će se u praksi odraziti sa manjim vremenima čekanja u luci za vrijeme gužvi. Brod će biti projektiran s plin-električnom propulzijom koja bi trebala dati rentabilniju potrošnju s više optimalnih servisnih brzina.

1. Uvod

Težnja za povezivanjem otoka i kopnenih dijelova teritorija je iskonska. Ta ista težnja je dominirala razvitkom čovječanstva, više nego proces proizvodnje. Iz toga proizlazi definiranje pomorskog povezivanja kao tradicionalnog. Prije se prezentirao kao nužno i jedino rješenje, dok je današnji zahtjev da bude jednostavan za korištenje (user friendly) i ekonomičan. U slučaju transporta treba se imati na umu tri vida udaljenosti: kilometričnu, vremensku i tarifnu. Povodeći se za gore spomenutom premisom dolazi se do zaključka da pomorski transport i njegov vršitelj radnje (brod), moraju postati produžetak svoje učinkovite kopnene inačice – ceste. Dok god bude prevelika razlika između njih pomorski transport će predstavljati najslabiju kariku globalnog transporta dok bi trebao, sve više, zauzimati sve bitniji dio. Nakon ekspanzije parobrodskih veza, u drugoj polovici XX stoljeća i u Hrvatskoj se uspostavljaju redovne trajektne linije između obale i otoka čime se otoci počinju integrirati u cestovnu mrežu. Zbog toga se na povoljnim mjestima morske obale (na otoku i kontinentu) događa konvergencija prometnih tokova. Važnost tog povezivanja najbolje se vidi u generativnom učinku na razvoj mjesta do kojeg se dolazi, negirajući more kao prepreku urbane topografije, odnosno pretvarajući ga u sredstvo veze. Napokon, ovo sve služi razvoju otočkog gospodarstva (turizam) te usporavanju depopulacije. Uzimajući u obzir ciljeve svi sudionika prometnih realizacija (korisnika, prijevoznika i zajednice) pristupilo se izradi ovog rada.

Trajektni promet u regionalnom razvoju

Trajektni promet predstavlja jedan od ključnih faktora regionalnog razvoja mnogih perifernih područja Europe, u prvom redu otoka (npr. Škotska, grčki otoci) i poluotoka (npr. Skandinavski poluotok). Osnovni princip u planiranju kvalitetnoga trajektnoga povezivanja perifernih regija Europe s regijama jezgre leži u omogućavanju izbora, tj. koordinaciji cestovnog i trajektnog prometa, čime dva naoko konkurentna oblika prometa jedan drugi skladno dopunjuju, ovisno o prijevoznim potrebama. Na taj način nastoje se smanjiti razvojna ograničenja perifernih regija i poticati ravnomjerniji regionalni razvoj. Škotska je jedan od rijetkih primjera europske periferije bez direktne trajektne veze s kontinentom, premda za to ne postoje ni geografska, ni tehnološka, ni ekonomska ograničenja. Rezultat toga jest velika ovisnost škotskoga gospodarstva o cestovnom prometu, čime je pojačan efekt perifernosti. S druge strane, direktne bi trajektne linije bez sumnje smanjile efekte perifernosti i pridonijele jačoj integraciji s ostatkom Europske unije, uz pojačanu cirkulaciju ljudi, roba i usluga, čime bi se potpuno iskoristile prednosti slobodnoga tržišta. Kao glavni razlozi opravdanosti navedenih prijedloga ističu se: manja udaljenost škotskog zaljeva Firth of Fortha do nizozemske obale nego Edinburgha od Londona, mogućnost direktnoga povezivanja s europskom regijom jezgre, mogućnost razvoja turizma (izravan dolazak turista u turistički najatraktivnije područje Škotske s glavni gradom Edinburgom).

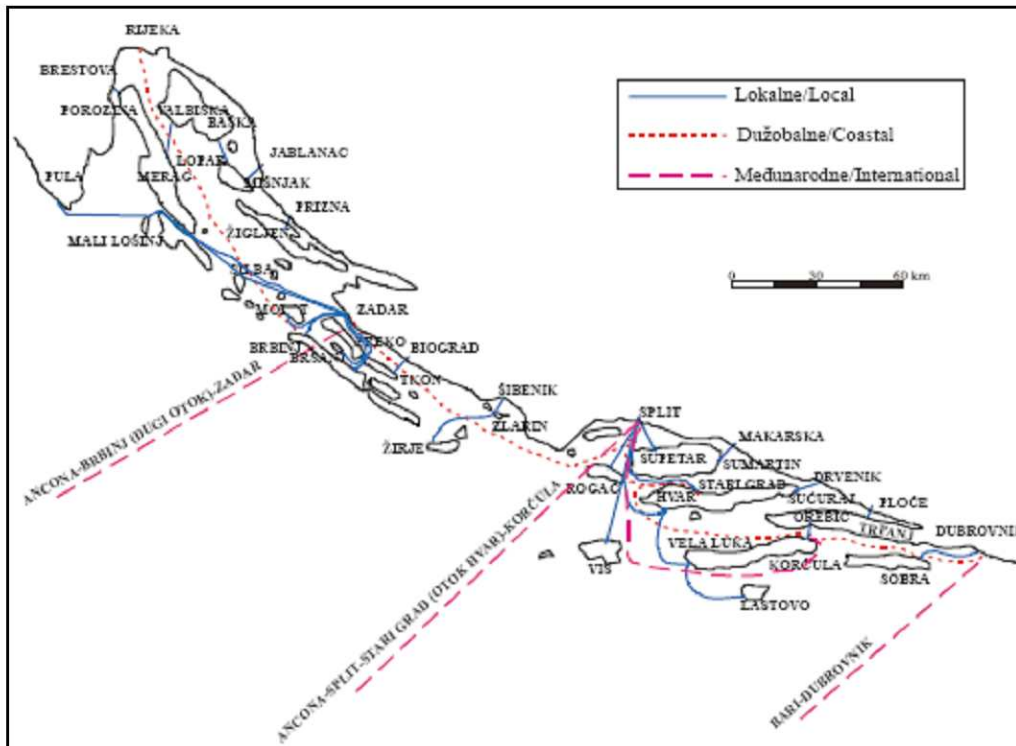
Može se zaključiti da je funkcija trajektnoga prometa u organizaciji prostora dvojaka. Na nacionalnoj razini trajektni promet obavlja ulogu povezivanja države ili neke regije s drugim državama/regijama između kojih se zatim rada pojačana interakcija i njome uvjetovani procesi, a na regionalnoj, odnosno lokalnoj, razini glavna funkcija trajektnoga prometa jest savladavanje prirodnih prepreka (zaljevi, morski prolazi) radi što kvalitetnije integracije otočnoga, slabije dostupnoga, dijela državnoga teritorija u razvojne procese pripadajućih regija.

Razvoj i obilježja trajektnog prometa na hrvatskim otocima

Uznapredovali proces automobilizacije 60-ih godina 20. stoljeća potaknuo je potrebu supstitucije nerentabilnih brodskih linija trajektnim linijama i na hrvatskim otocima. Preduvjeti za taj potez bili su obnova ili izgradnja otočne cestovne mreže, dovršenje Jadranske magistrale te izgradnja trajektnih pristaništa i priključnih cesta. Program supstitucije nerentabilnih brodskih linija uvođenjem trajektnih pruga rezultirao je prilagođavanjem otočne prometne ponude sve različitijoj i zahtjevnijoj prometnoj potražnji, ali je nedovoljna koncepcijska jasnoća supstitucijskih potreba dovela do toga da nisu potpuno ostvareni rezultati koji su se mogli ostvariti. Unatoč određenim manjkavostima, godina 1959., kada je uspostavljena linija Šilo – Crikvenica, i započelo trajektno razdoblje u prometnom povezivanju hrvatskih otoka i obale, označila je prekretnicu u razvoju prije svega većih otoka na kojima je uređena cestovna mreža. Razvoj trajektnoga prometa u nas može se pratiti kroz dvije karakteristične faze s obzirom na organizaciju pruga: U prvoj fazi razvoja trajektnoga povezivanja vidi se orijentacija na što kraće trajektne veze, s prevladavajućim shvaćanjem da su trajekti neposredno produženje suvremenih cesta na otocima. U početnoj etapi ove faze uspostavljene su veze između već postojećih luka na kopnu i na otocima gdje je već postojala odgovarajuća infrastruktura: npr. Crikvenica – Šilo (1959.), Rabac – Cres (1960.), Jablanac – Rab (1963.), Karlobag – Pag (1964.). Iz financijskih razloga nije se krenulo prema organizaciji najkraćih pruga između otoka i obale, za što je bilo potrebno urediti nova pristaništa, cestu u nenaseljenim uvalama, te izgraditi pristupne prometnice. U kasnijoj etapi prve faze razvoja trajektnoga povezivanja prevladava orijentacija na najkraće trajektne veze između obale i otoka. Preduvjet za takvu orijentaciju bila je izgradnja uzdužne obalne ceste (Jadranske magistrale) do krajnjeg juga Hrvatske (1964.), čime su se trajektno povezali i dalmatinski otoci, te izgradnja priključnih cesta i novih pristaništa u pogodnim uvalama i zaljevima. Dodatni razlog ovakve orijentacije bila su duga putovanja prema otocima i sve duža čekanja u trajektnim lukama, jer je proces automobilizacije rapidno jačao, a nije se paralelno povećavao ni broj ni kapacitet trajekata.

Kraće trajektne linije prvo dobivaju kvarnerski otoci – Krk: Crišnjeva – Voz, Cres: Brestova – Porozina, Rab: Jablanac – Pudarica, kasnije Jablanac – Mišnjak. Kraće trajektne linije s vremenom zamjenjuju duže, a time i skuplje i sve manje konkurentne trajektne linije spomenute u početnoj etapi prve faze. Dalmatinski se otoci tek u ovoj etapi počinju trajektno povezivati s obalom. Uvode se pruge za glavninu većih otoka, npr. Ugljan (Zadar – Preko), Pašman (Biograd – Tkon), Brač (Makarska – Sumartin), Hvar (Drvenik – Sućuraj), Korčulu (Orebić – Korčula) i poluotok Pelješac (Ploče – Trpanj). Osnovna razlika između prve i druge faze razvoja leži u funkciji trajektnoga povezivanja. Dok je u prvoj fazi glavni zadatak trajektnoga prometa bio povezati otok s obalom što brže na što kraćoj relaciji, u drugoj se fazi pristupilo povezivanju otoka s makroregionalnim i regionalnim razvojnim središtima na obali, čime su se otoci počeli valorizirati kao cjeline. Dakle, u drugoj fazi razvoja trajektnoga povezivanja hrvatskih otoka u prvi plan dolazi usmjerenost na vodeće gospodarske centre na obali (npr. Split za srednjodalmatinske i južnodalmatinske, Zadar za sjevernodalmatinske otoke), čime se otoci sve ravnopravnije uključuju u razvojne procese pripadajuće im regije i makroregije. Osim orijentacije na izravno trajektno povezivanje s centrima razvoja na obali, za drugu razvojnu fazu karakteristično je i povezivanje udaljenijih, pučinskih jadranskih otoka (npr. Vis, Lastovo, Dugi otok), koji se na taj način integriraju u sustav cestovnoga prometa Hrvatske. Novije tendencije razvoja trajektnoga i sve važnijega brzobrodskega prometa upućuju na važnost povezivanja otoka međusobno (npr. Krk i Cres: Valbiska – Merag, Krk i Rab: Baška – Lopar, Korčula i Lastovo: Split – Vela Luka – Lastovo, zadarski otoci: Silba – Mali Lošinj – Unije – Pula), čime se nastoji poticati razvoj jedinstvenoga otočnoga prostora međusobne interakcije kao zasebne cjeline. Iskustva pokazuju da se najbolji razvojni rezultati otočnoga prostora pokazuju u uvjetima što većeg broja alternativnih pravaca, tj. trajektnih veza. Najkraće trajektne veze vrlo su važne za dolazak turista, pogotovo u vrijeme turističke sezone (manje gužve, rasterećenje gradskih centara na obali), dok – premda duže – veze s obalnim regionalnim središtima razvoja cesto imaju presudnu ulogu u gospodarskom razvoju otoka. Neke trajektne linije ukinute su zbog izgradnje mostova (npr. Voz – Crišnjeva za otok Krk, Miškovići – Miletići za otok Pag).

Obustavljene su i sve trajektne linije uspostavljene u početnoj etapi prve faze razvoja trajektnoga prometa zbog zamjene isplativijim linijama na kraćim relacijama.



Slika 1: Današnje trajektne linije

Gledajući cjelokupnu organizaciju trajektnoga prometa u Hrvatskoj, može se ustvrditi kompleksna struktura trajektnih linija s obzirom na relacije, ali i na njihovu funkciju. Sve dosad spomenute trajektne linije mogle bi se klasificirati kao lokalne trajektne linije koje povezuju otok sa susjednim kopnom i čija je razvojna uloga prije svega usmjerena prema napretku otočnoga gospodarstva. U manjoj mjeri su izražene i međuregionalne trajektne linije, npr. Zadar – Silba – Mali Lošinj – Unije – Pula, koju je održavala Lošinjska plovidba. Osim lokalnih i međuregionalnih linija na hrvatskoj obali Jadrana organizirana je i longitudinalna, dužobalna linija Rijeka – Dubrovnik sa zaustavljanjem u Zadru, Splitu, Starom Gradu (otok Hvar) i Korčuli (u turističkoj sezoni i u Brbinju - Dugi otok i u Sobri - otok Mljet). Iz velike razlike u frekvenciji sezonskoga (7 polazaka tjedno) i izvansezonskoga plovidbenog reda (1 polazak tjedno) nazire se njezina uloga u prijevozu turista i njihov "razmještaj" duž obale i otoka.

Uz lokalne pruge i longitudinalnu liniju, za Hrvatsku su važne i međunarodne, prekojadranske trajektne linije s Italijom. Linije Zadar – Ancona, Split – Ancona i Dubrovnik – Bari u turističkoj sezoni pristaju i na nekim otocima (npr. Hvaru, Korčuli,

Dugom otoku), tako da osim regionalnoga povezivanja susjednih, "prekojadranskih" regija Hrvatske i Italije, imaju funkciju izravnog "dovođenja" talijanskih turista na hrvatske otoke. Da je glavni generator navedenih linija turizam svjedoče i njihove frekvencije u usporedbi sezonskoga i izvansezonskoga plovidbenog reda. Potencijalna interregionalna jača suradnja zasad se, nažalost, nije ostvarila, iako bi svakako pridonijela bržem regionalnom razvoju Južnoga hrvatskoga primorja. [1]

Perspektiva trajektnoga prometa u daljnjem razvoju hrvatskih otoka

Budući da je trajektni promet jedan od ključnih čimbenika planiranja razvoja hrvatskih otoka, valja se osvrnuti na poduzete korake planiranja prometa na hrvatskom otočnom prostoru i na poteze pravne regulative radi osiguravanja egzistencijalnih uvjeta otočnom stanovništvu u razdoblju krize otočnog gospodarstva. Između pravnih dokumenata relevantnih za planiranje razvoja otočnoga prostora u Republici Hrvatskoj svakako treba istaknuti Strategiju prostornog uređenja Republike Hrvatske (1997.) i Nacionalni program razvitka otoka (1997.), kao i Zakon o otocima iz 1999. godine. Strategija prostornog uređenja RH (1997.) ističe "da je za svako buduće kvalitetnije i primjerenije razvojno planiranje hrvatskih otoka, osobito planiranje prometnih sustava za i na otocima nužan uvjet razvrstaj svih bitnih otoka u nekoliko tipova - prema mjerodavnim zajedničkim obilježjima i prema njihovoj dostupnosti različitim vrstama prometa". Takvom tipizacijom mogao bi se, između u ostalog, ujednačiti planski pristup prema pojedinom tipu otočnih skupina, nakon čega bi se navedena opća usmjerenja za svaki pojedini otok detaljnije razradila i prilagodila lokalnim obilježjima i potrebama. Važnost prometnoga povezivanja otoka u njihovu razvoju istaknuta je u trima predloženim tipizacijama, gdje je jedan od kriterija razvrstavanja otoka njihova prometna dostupnost. Što se samoga trajektnoga povezivanja tiče, ističe se "da bi svaki značajniji otok trebao imati što čvršću trajektnu vezu, s tim da se preporučuje orijentacija na što kraće linije".

Naglašava se i "važnost dnevnog povezivanja otoka s upravnim, kulturnim i gospodarskim središtima na obali, kao i nužnost poboljšanja otočne cestovne infrastrukture". Na manjim otocima, a pogotovo onima prepoznatima kao vrijedne prirodne, arhitektonsko-arheološke ili krajobrazne cjeline, Strategija preporučuje selektivno ograničavanje ili čak zabranjivanje cestovnoga prometa. Temeljni,

sveobuhvatni planski dokument razvoja hrvatskih otoka neosporno jest Nacionalni program razvitka otoka, prihvaćen u Saboru 28. 2. 1997. U njemu su precizno razrađeni i sljedeći koraci u poboljšanju prometnoga povezivanja otoka, kao i poboljšanju cestovne otočne mreže. Tako Program pomorsko-cestovnoga povezivanja otoka s kopnom i međusobno u okviru Nacionalnog programa razvitka otoka ističe važnost "načela prema kojem je razvojna ravnopravnost svakog otoka uvjetovana njegovom ravnopravnošću u prometnim mogućnostima". Zadaća je ovoga državnoga programa "da postupno, prema utvrđenim prioritetima, od otočnog pojasa u njegovoj punoj širini stvori i obalni kontinuirani prometni pojas s optimalno razmještenom pristanišno-prometnom infrastrukturom za prihvat trajektno-teretnih i brzobrodsko-putničkih linija, u različitim linijskim kombinacijama s obalnim središtima, sa susjednim otocima i lukama na drugoj strani Jadrana."Potrebe kvalitativnog iskoraka u prometnom povezivanju u funkciji razvoja hrvatskog otočja naznačene su i u aktualnom Zakonu o otocima iz 1999., kojim se u jednom njegovom poglavlju uređuje prometno povezivanje otoka svim relevantnim oblicima prometa (pomorskim, cestovnim i zračnim). U okviru pomorskih veza posebno je utvrđena obaveza uvođenja brzobrodskih linija sa svim naseljenim otocima koji nisu spojeni mostom. Povezivanje svakog naseljenog otoka trima brzobrodskim linijama dnevno moglo bi označiti prekretnicu u daljnjem razvoju otoka, što bi se jamačno pozitivno odrazilo i na daljnji razvoj cjelokupnoga otočnoga gospodarstva, a povezano s tim i na demografsku sliku.

Može se zaključiti da je trajektno povezivanje vrlo važan faktor razvoja kopnenih cjelina odvojenih morem (otoci, poluotoci). Njegova važnost uočljiva je na svim razinama prostornoga planiranja – lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj pa čak i interregionalnoj, nads nacionalnoj u okvirima Europske unije. Primjeri iz Europske unije pokazuju da za uspješno povezivanje i osiguravanje što ravnopravnijih uvjeta razvoja otočnih i poluotočnih prostora treba organizirati što više kvalitetnih alternativnih pravaca različitih vrsta prometa po načelu koordinacije.

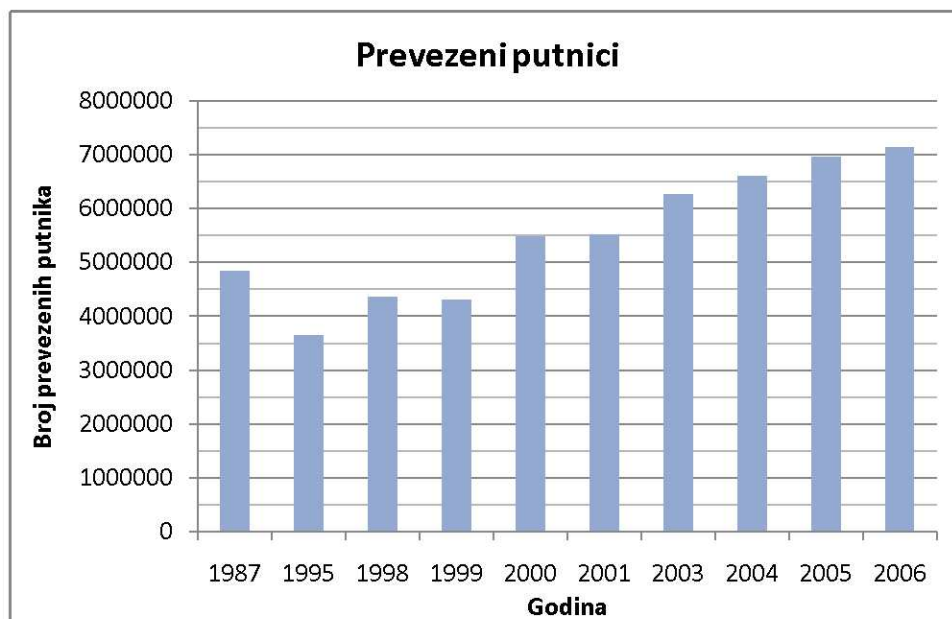
U Hrvatskoj se trajektni promet pokazao jednim od najvažnijih faktora razvoja otočnoga prostora u svim etapama svoga razvoja. Uočena je uska, izravna povezanost između trajektnoga prometa i turizma te između trajektnoga prometa i općega kretanja stanovništva.

2. Analiza trajektnog prometa u Republici Hrvatskoj

Da bi se dobio što bolji uvid u trajektni promet potrebno je promatrati stanje trajektnog prometa u posljednjih 20-tak godina. U tom periodu pa do danas moguće je zabilježiti tri faze. Prvu čini kraj 80-tih godina 20. st. Kada Hrvatska bilježi dotadašnji maksimum u ostvarenom broju turista, što čini jedan od glavnih modifikatora količine prometa na trajektnim prugama. Tada se broj prevezenih putnika na trajektnim linijama povećavao iz godine u godinu tako da je 1987. Prevezeno 4.8 milijuna putnika na lokalnim trajektnim linijama, no sljedećih godina pada broj turista, zbog pogoršanja prilika u tadašnjoj Jugoslaviji. Druga faza obilježena je naglim padom i podudara se s početkom agresije na Hrvatsku 1991. Godine. Početkom ljeta iste godine u promet je puštena trajektna linija Prizna-Žigljen koja je jedina bilježila povećanje prometa, ali ne zbog porasta turističkog prometa, nego zato što je bila jedina veza s ratom odsječenom Dalmacijom i BiH. Treća faza počinje 1996. Godine kada zbog završetka rata ponovno raste broj prevezenih putnika na većini pruga. Blaži se pad dogodio 1999. godine zbog rata na Kosovu kao glavnim izvorom nesigurnosti na jugoistoku Europe. Nakon toga promet na trajektnim prugama ponovno raste pa je tako 2001 na lokalnim trajektnim linijama prevezeno 5.5 milijuna putnika, a na pet linija iste godine ostvaren je najveći promet u periodu od 80-tih do tada, od 2001 do danas trajektni promet sinkronizirano raste na svim trajektnim linijama.[1]

Tablica 1 : Broj prevezenih putnika od 1987 do 2006 godine.

LINJA	1987	1995	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006
Baška - Lopar	55151	19107	40186	35158	43426	55119	57141	57579	54984	54984
Biograd - Tkon	210871	117185	196262	232362	276425	322077	370031	421107	461113	483352
Brestova - Porozina	662524	287629	513382	474625	576087	612661	658083	609712	343443	634455
Drevenik - Sućuraj	194478	50759	137844	139160	171719	186999	216932	223445	238166	241260
Dubrovnik - Sobra	32326	17070	47426	49382	48153	46763	43684	50398	59514	48667
Makarska - Sumartin	68496	26200	43417	35581	49829	54000	77998	73949	70983	71941
Orebić - Dominče	119085	56504	85093	92242	103504	139972	158428	147579	181835	171967
Ploče -Trpanj	166874	44589	72818	77020	102511	104490	104519	106131	115176	120505
Prizna - Žigljen	136817	756319	481599	476734	598831	705101	761529	743239	685789	659981
Split - Rogač	163137	83330	78902	80498	107609	121565	160649	182183	178922	206666
Split - Starigrad	275998	165824	248084	270247	363958	415914	447592	463484	522119	574661
Split - Supetar	771194	515001	643530	655180	790146	881683	1056109	1174899	1130801	1242047
Split - Vela Luka - Lastovo	199381	158500	161243	169265	146553	115785	138800	130446	144191	154609
Split - Vis	183528	83797	95306	100666	112521	121578	154199	172999	191182	201110
Valbiska - Merag		312180	440193	430719	504242	542834	598009	656228	628327	642832
Zadar - Iž - Rava	90787	71605	79391	77519	555333	35476	40098	40984	454043	43380
Zadar - Preko	1402245	781559	860851	788431	866990	980755	1179356	1307175	1453195	1536623
Zadar - Sali - Zaglav	87046	63501	76402	72653	42425	37833	38900	37000	41131	43135
Zadar - Sestrunj - Molat - Ist	33205	43975	62542	59489	28384	49955	16680	16903	15516	14194
UKUPNO	4853143	3654634	4364471	4316931	5488646	5530560	6278737	6615440	6970430	7146369



Slika 2: Dijagram prevezenih putnika od 1987 do 2006 godine.

Da bi se bolje uvidjela opterećenost pojedinih trajektnih linija tablično i grafički biti će prikazani broj putnika i automobila na određenim trajektnim prugama u 2003., 2004., 2005. i 2006.

Tablica 2: Broj prevezenih putnika i vozila u razdoblju od 2003. do 2006. godine

LINIJA	putnici 2003.	vozila 2003.	putnici 2004.	vozila 2004.	putnici 2005.	vozila 2005.	putnici 2006.	vozila 2006.
Lopar-Baška	57141	17925	57579	18178	54984	17007	52813	15955
Biograd - Tkon	370031	102852	421107	110500	461113	114097	483352	116981
Brestova-Porozina	658083	286507	609712	263143	643443	279530	634455	276803
Dvrenik - Sućuraj	216932	85397	223445	86996	238166	93196	241260	93814
Dubrovnik - Sobra	43684	11924	50398	13188	59154	14747	48667	9984
Makarska - Sumartin	77998	40779	73949	43412	70986	25404	71941	25808
Orebić - Dominče	158428	80650	147579	75567	181835	92489	171967	87227
Ploče - Trpanj	104519	41682	106131	42649	115176	46268	120505	46557
Prizna-Žigljen	761529	352678	743239	336967	685789	312372	659981	302634
Split - Rogač	160649	40779	182183	43412	178922	43791	206666	46669
Split - Starigrad	447592	118083	463484	126664	522119	144785	574661	152915
Split - Supetar	1056109	251775	1174899	274266	1130801	264772	1242047	290421
Split - Vela Luka -Lastovo	138800	30778	130446	32385	144090	37130	154609	39914
Split - Vis	154199	34818	172999	37534	191182	41197	201110	43443
Valbiska-Merag	598009	298805	656228	325306	628327	313800	642832	318890
Zadar - Iž - Rava	40098	6993	40984	7927	45043	8779	43380	8983
Zadar - Preko	1179356	183370	1307175	206871	1453195	232187	1536623	236898
Zadar-Sail - Zaglav	38900	129	37000	474	41131	107	43135	144
Zadar - Sestrunji – Molat-Ist	16680	3313	16903	3518	15516	4389	14194	4292

Radi boljeg uvida u količinu prevezenih putnika i automobila u postotcima će se prikazati zastupljenost pojedinih linija u spomenutim godinama kao i posljednja vrijednost zastupljenosti pojedine linije. (U tabličnom prikazu trajektne linije su prikazane od prosječno najzastupljenije prema manje zastupljenima.)

Tablica 3: Zastupljenost putnicima izražena u postotcima

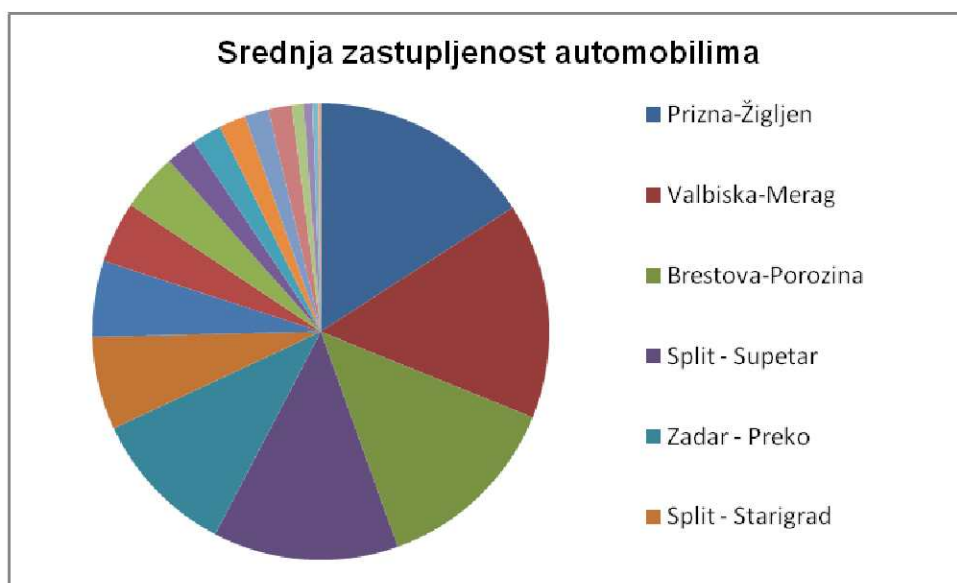
LINIJA	put. 2003.	put. 2004.	put. 2005.	put. 2006.	SRED.VRI.
Zadar - Preko	18.78	19.76	21.18	21.51	20.31
Split - Supetar	16.82	17.76	16.48	17.39	17.11
Prizna-Žigljen	12.13	11.23	10.00	9.24	10.65
Brestova-Porozina	10.48	9.22	9.38	8.88	9.49
Valbiska-Merag	9.52	9.92	9.16	9.00	9.40
Split - Starigrad	7.13	7.01	7.61	8.04	7.45
Biograd - Tkon	5.89	6.37	6.72	6.77	6.44
Drvenik - Sućuraj	3.46	3.38	3.47	3.38	3.42
Split - Rogač	2.56	2.75	2.61	2.89	2.70
Split - Vis	2.46	2.62	2.79	2.82	2.67
Orebić - Dominče	2.52	2.23	2.65	2.41	2.45
Split - Vela Luka - Lastovo	2.21	1.97	2.10	2.16	2.11
Ploče -Trpanj	1.66	1.60	1.68	1.69	1.66
Makarska - Sumartin	1.24	1.12	1.03	1.01	1.10
Lopar-Baška	0.91	0.87	0.80	0.74	0.83
Dubrovnik - Sobra	0.70	0.76	0.86	0.68	0.75
Zadar - Iž - Rava	0.64	0.62	0.66	0.61	0.63
Zadar- Sali - Zaglav	0.62	0.56	0.60	0.60	0.60
Zadar - Sestrunj - Molat - Ist	0.27	0.26	0.23	0.20	0.24



Slika 3: Srednja putnička zastupljenost

Tablica 4: Zastupljenost automobilima izražena u postocima

LINIJA	voz. 2003.	voz. 2004.	voz. 2005.	voz. 2006.	SRED.VRI.
Prizna-Žigljen	17.73	16.45	14.97	14.29	15.86
Valbiska-Merag	15.02	15.88	15.04	15.05	15.25
Brestova-Porozina	14.40	12.84	13.40	13.07	13.43
Split - Supetar	12.66	13.39	12.69	13.71	13.11
Zadar - Preko	9.22	10.10	11.13	11.18	10.41
Split - Starigrad	5.94	6.18	6.94	7.22	6.57
Biograd - Tkon	5.17	5.39	5.47	5.52	5.39
Drvenik - Sućuraj	4.29	4.25	4.47	4.43	4.36
Orebić - Dominče	4.05	3.69	4.43	4.12	4.07
Ploče -Trpanj	2.10	2.08	2.22	2.20	2.15
Split - Rogač	2.05	2.12	2.10	2.20	2.12
Split - Vis	1.75	1.83	1.97	2.05	1.90
Split - Vela Luka - Lastovo	1.55	1.58	1.78	1.88	1.70
Makarska - Sumartin	2.05	2.12	1.22	1.22	1.65
Lopar-Baška	0.90	0.89	0.82	0.75	0.84
Dubrovnik - Sobra	0.60	0.64	0.71	0.47	0.61
Zadar - Iž - Rava	0.35	0.39	0.42	0.42	0.40
Zadar - Sestrunj - Molat - Ist	0.17	0.17	0.21	0.20	0.19
Zadar- Sali - Zaglav	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01



Slika 4: Srednja zastupljenost automobilima

Zbog bolje i preciznije analize osim pojedinih zastupljenosti također se može prikazati relativni porast prevezenih putnika i automobila na promatranim linijama. Relativni porast „indeks“ definiran je kao koeficijent promatrane i prethodne godine pomnožen sa 100. (Ako je vrijednost veća od 100 na liniji je zapažen porast prometa, dok je u protivnom promet u padu.) U sljedećim tablicama biti će prikazani indeksi 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006 i također indeks 2003-2006 kao pokazatelj ukupnog „rasta“ prometa na pojedinoj liniji.

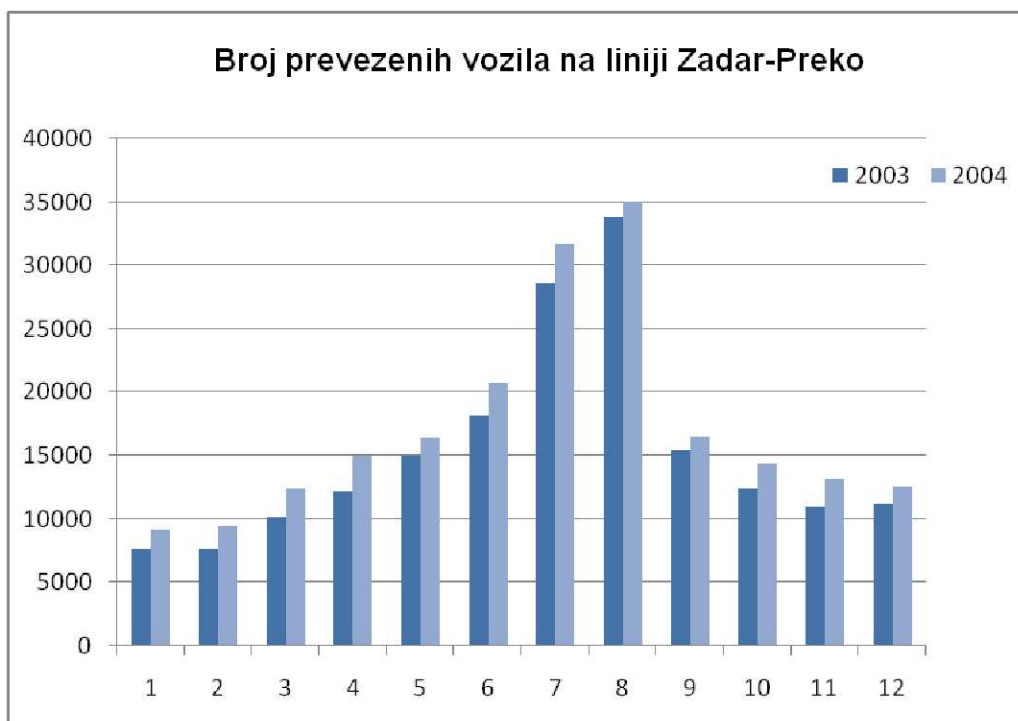
Tablica 5: Prikaz indeksa porasta prevezenih putnika

	LINIJA	indeks 04/03	indeks 05/04	indeks 06/05	indeks 06/03
UKUPNI PORAST 03/06	Biograd - Tkon	113.80	109.50	104.82	130.62
	Split - Vis	112.19	110.51	105.19	130.42
	Zadar - Preko	110.84	111.17	105.74	130.29
	Split - Rogač	113.40	98.21	115.51	128.64
	Split - Starigrad	103.55	112.65	110.06	128.39
	Split - Supetar	111.25	96.25	109.84	117.61
	Ploče - Trpanj	101.54	108.52	104.63	115.29
	Dubrovnik - Sobra	115.37	117.37	82.27	111.41
	Split - Vela Luka - Lastovo	93.98	110.46	107.30	111.39
	Drvenik - Sućuraj	103.00	106.59	101.30	111.21
	Zadar- Sali - Zaglav	95.12	111.16	104.87	110.89
	Orebić - Dominče	93.15	123.21	94.57	108.55
	Zadar - Iž - Rava	102.21	109.90	96.31	108.18
	Valbiska-Merag	109.74	95.75	102.31	107.50
PAD	Brestova-Porozina	92.65	105.53	98.60	96.41
	Lopar-Baška	96.05	95.49	96.05	92.43
	Makarska - Sumartin	94.81	95.99	101.35	92.23
	Prizna-Žigljen	97.60	92.27	96.24	86.67
	Zadar - Sestrunj - Molat - Ist	101.34	91.79	91.48	85.10

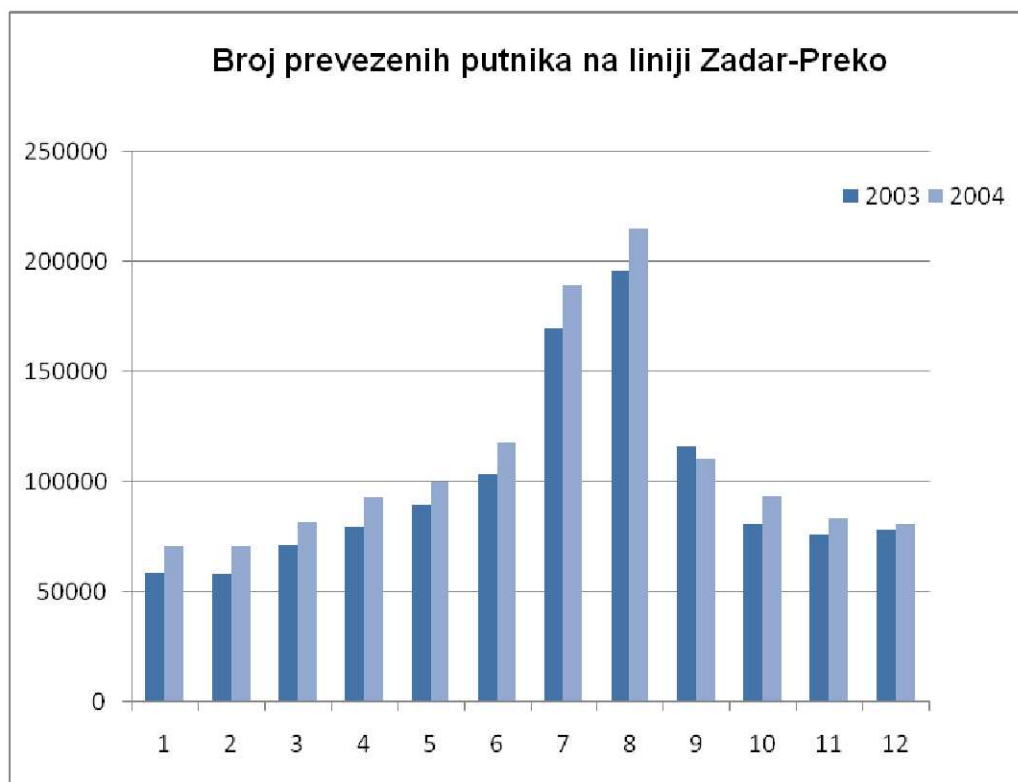
Tablica 6: Prikaz indeksa porasta prevezenih automobila

	LINIJA	indeks 04/03	indeks 05/04	indeks 06/05	indeks 06/03
UKUPNI PORAST 03/06	Split - Vela Luka - Lastovo	105.22	114.65	107.50	129.68
	Zadar - Sestrunj - Molat - Ist	106.19	124.76	97.79	129.55
	Split - Starigrad	107.27	114.31	105.62	129.50
	Zadar - Preko	112.82	112.24	102.03	129.19
	Zadar - Iž - Rava	113.36	110.75	102.32	128.46
	Split - Vis	107.80	109.76	105.45	124.77
	Split - Supetar	108.93	96.54	109.69	115.35
	Split - Rogač	106.46	100.87	106.57	114.44
	Biograd - Tkon	107.44	103.26	102.53	113.74
	Ploče - Trpanj	102.32	108.49	100.62	111.70
	Zadar- Sali - Zaglav	367.44	22.57	134.58	111.63
	Drvenik - Sučuraj	101.87	107.13	100.66	109.86
	Orebić - Dominče	93.70	122.39	94.31	108.15
	Valbiska-Merag	108.87	96.46	101.62	106.72
PAD	Brestova-Porozina	91.85	106.23	99.02	96.61
	Lopar-Baška	101.41	93.56	93.81	89.01
	Prizna-Žigljen	95.55	92.70	96.88	85.81
	Dubrovnik - Sobra	110.60	111.82	67.70	83.73
	Makarska - Sumartin	106.46	58.52	101.59	63.29

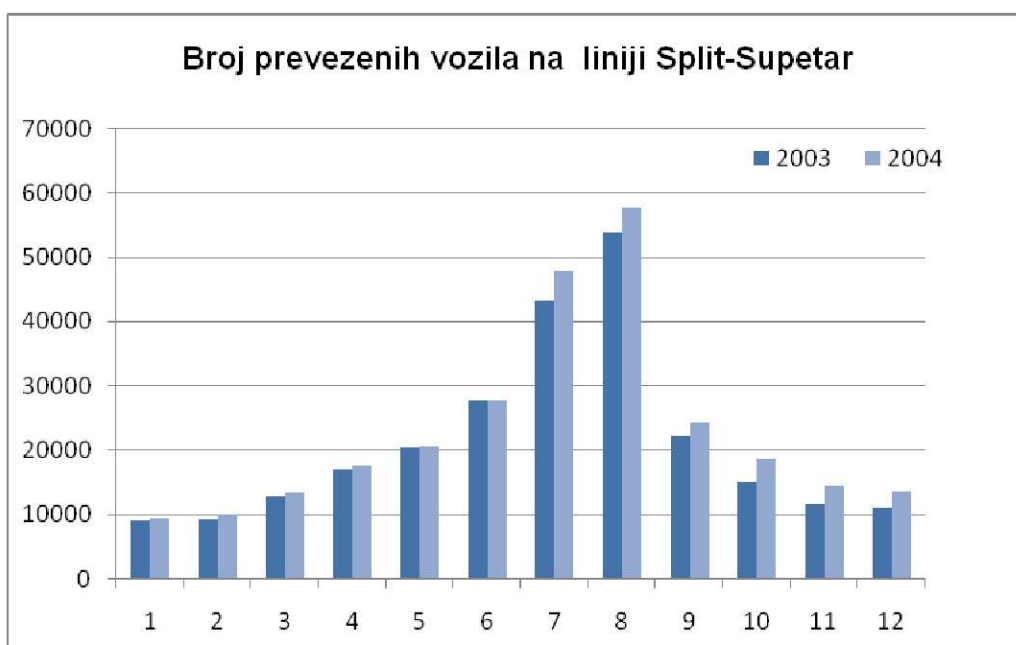
Analizirajući trajektni promet u Republici Hrvatskoj vidljivo je da trajektne linije Zadar-Preko i Split-Supetar imaju veliku zastupljenost u trajektnom prometu, kako putničkom tako i automobilskom, dok im ukupni broj prevezenih putnika i automobila iz godine u godinu raste. Razlog tom stalnom prirastu i velikoj zastupljenosti leže u tome što su otoci Ugljan i Brač smješteni u neposrednoj blizini regionalnih središta (Zadar i Split) i na taj način ulaze u njihova gravitacijska područja. Kako je tema ovog diplomskog rada izrada projekta RO-RO putničkog broda, brod će biti prvenstveno projektiran i promatran na linijama Zadar-Preko i Split Supetar, kako bi se prijevoz učinio ugodnijim i bržim s manjim čekanjima u gužvama turističke sezone. Da bi određeni brod bio funkcionalan na određenom području potrebna je i rentabilnost same linije u doba kada je linija okrenuta isključivo stanovništvu otoka. U sljedećim dijagramima je vidljiva razlika opterećenja linija u ljetnim u odnosu na zimske mjeseci. Najveća frekvencija prometa javlja se u mjesecu srpnju i kolovozu kada uz stanovnike otoka i građana koji geografski gravitiraju otoku pribrojimo i turiste smještene duž Jadranske obale.



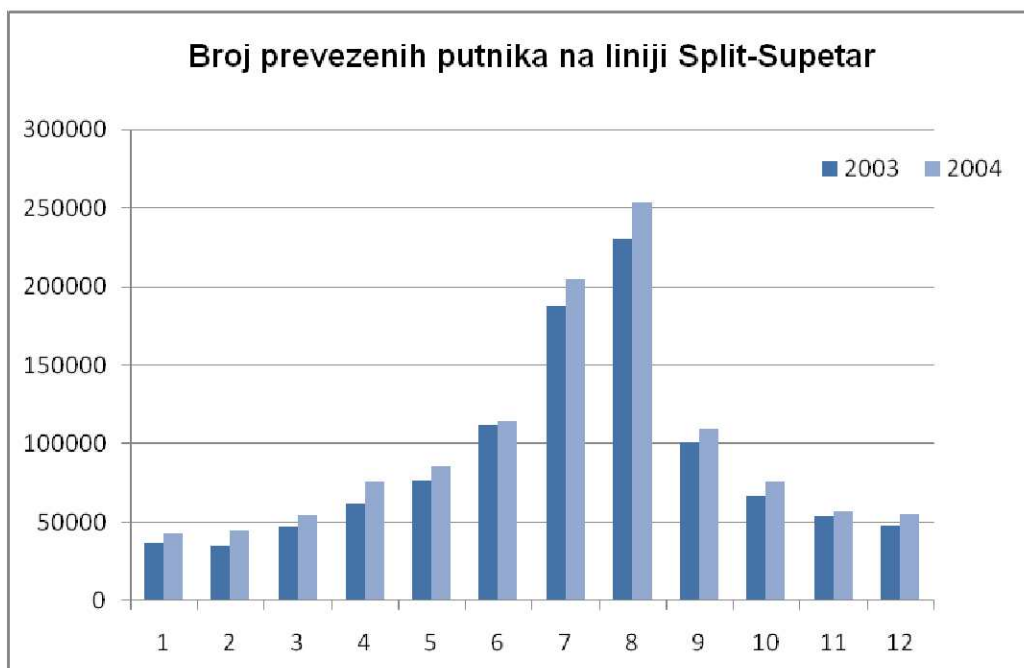
Slika 5: Broj prevezenih putnika na liniji Zadar-Preko



Slika 6: Broj prevezenih automobila na liniji Zadar-Preko



Slika 7: Broj prevezenih putnika na liniji Split-Supetar

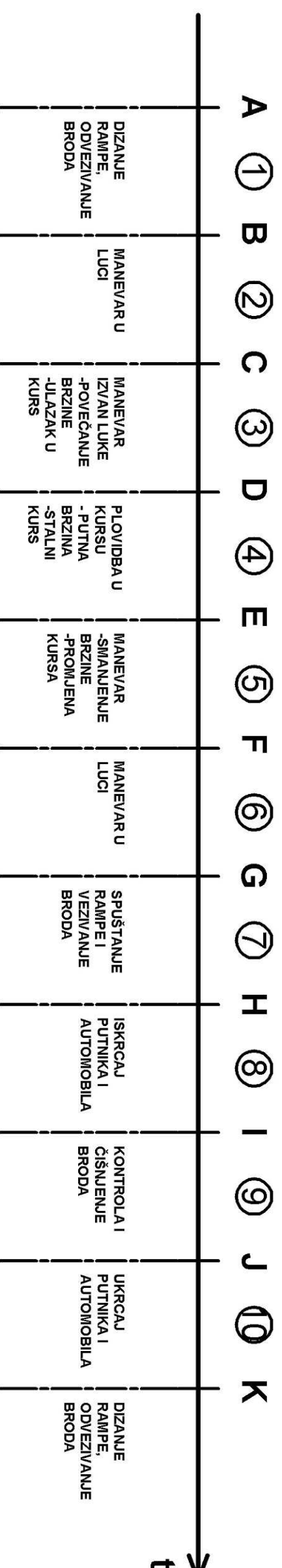


Slika 8: Broj prevezenih automobila na liniji Split-Supetar

3. Analiza trajektnih ruta Zadar-Preko i Split- Supetar

Da bi se izvršila kvalitetna analiza trajektnih ruta male ukupne duljine potrebno je vrijeme koje brod provede u transportu putnika i vozila podijeliti na više intervala. Da bi se sagledalo ukupno vrijeme potrebno je promatrati vrijeme koje protekne od ukrcaja prvog putnika u Luci A , do ukrcaja prvog putnika u Luci B. Pretpostavka je da se putnici u brod ukrcavaju u trenutku kada je brod spreman za ukrcaj, a ne određen voznim redom. Podjela vremena (gantogram jedne rute prikazan je na sljedećoj slici.)

ANALIZA VREMENSKOG TRAJANJA RUTE



KARAKTERISTIČNA VREMENA U TRAJANJU RUTE

- A** UKRCAJ SVI PUTNICI I VOZILA
- B** BROD GUBI DODIR S KOPNOM($v=0$)
- C** BROD DOSTIŽE MAKSIMALNU BRZINU ZA MANEVAR, MAKSIMALNU DOPUSTENU BRZINU U LUCI
- D** BROD POSTIŽE PUTNU BRZINU I KURS
- E** BROD PLOVI PUTNOM BRZINOM I KURSOM
- F** BROD PLOVI MAKSIMALNOM BRZINOM ZA MANEVAR, MAKSIMALNOM DOPUŠTENOM BRZINOM U LUCI
- G** BRZINA BRODA JEDNAKA JE NULI BROD JE POZICIONIRAN
- H** BROD JE VEZAN ,RAMPA JE SPUŠTEN-LANAC SPUŠTEN
- I** ZAVRŠIO ISKRCAJ BRODA
- J** POČINJE UKRCAJ
- K=A**

Slika 9: Gantogram trajektno rute

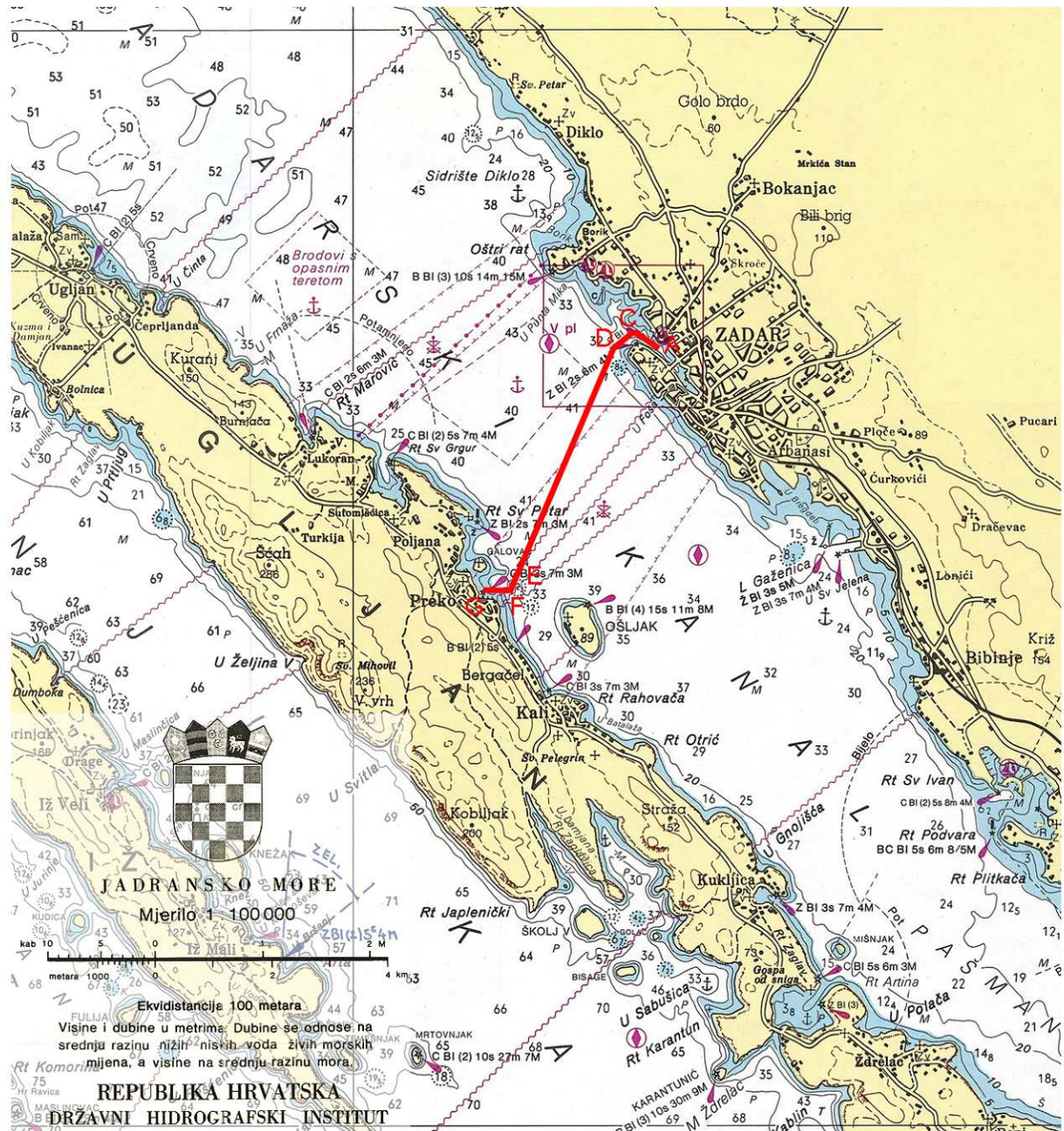
Tablica 7: Prikaz vremena i varijabli ruta

Karakteristično vrijeme	Omeđeno točkama		Variable		Potrebno vrijeme[s]	ukupno vrijeme
	A	B	brzina dizanja rampe	brzina odvezivanja broda		
1-Dizanje rampe i odvezivanje broda	A	B	brzina dizanja rampe	brzina odvezivanja broda	90 60	2 min
2-Manevr u luci	B	C	manevarske karakteristike broda	topografija luke (veličina, vez)		2-3 min
			ograničenje brzine $V_{max}=7\dot{c}v$			
3-Manevr izvan luke	C	D	manevarske karakteristike broda	ubrzanje broda do konačne brzine		2-3 min
			ubrzanje broda do konačne brzine	kurs		
4-Plovidba u kursu	D	E	putna brzina broda	udaljenost		ovisno o ruti
			udaljenost			
5-Manevr u uplovljavanju	E	F	manevarske karakteristike broda	ubrzanje broda do konačne brzine		2-3 min
			ubrzanje broda do konačne brzine	kurs		
6-Manevr u luci	F	G	manevarske karakteristike broda	topografija luke (veličina, vez)		2-3 min
			topografija luke (veličina, vez)	ograničenje brzine $V_{max}=7\dot{c}v$		
7-Spuštanje rampe, vezivanje broda	G	H	brzina spuštanja rampe		35	2 min
			brzina vezivanja broda		60	
			Vrijeme potrebno za smirivanje broda		40	
8-iskrcaj putnika i automobila	H	I	broj automobila		8 s/kom	18-20 min
			broj kamiona		20 s/kom	
			broj putnika			
			broj izlaznih traka			
9- kontrola i čišćenje broda	I	J	topografija luke (prometna povezanost)			4 min
10-Ukrcaj putnika i automobila	J	K	broj automobila		10 s/kom	25 min
			broj kamiona		25 s/kom	
			broj putnika			
			način potvrde karte			
			broj ulaznih traka			
			topografija luke (prometna povezanost)			

Podaci prikazani u Tablici 7. izmjereni su na M/B Hrvat u vlasništvu Jadrolinije na plovidbenoj liniji Split-Supetar 30.04.2008. godine. Može se i pretpostaviti da se vremena mogu preslikati i na rutu Zadar-Preko (osim D-E).

Analizirajući Tablicu 7, vidljivo je da je zbroj vremena (A-K) u rasponu od 57-63 min + vrijeme plovidbe u kursu (D-E) (koje će biti analizirano u sljedećim poglavljima ovog rada). Isto tako se može promatrati vrijeme koje će se putnik pješak bez automobila nalaziti na brodu, to je vrijeme jednako 24-30 min (ako se ukrca 5 minuta prije kretanja i iskrca 5 nakon početka iskrcaja.)

3.1. Analiza trajektne rute Zadar-Preko



Slika 10: Isječak iz nautičke karte (ruta Zadar-Preko)

$s = 4.5\text{km}$ -udaljenost kojom brod plovi maksimalnom brzinom

$s = 2.43\text{nm}$

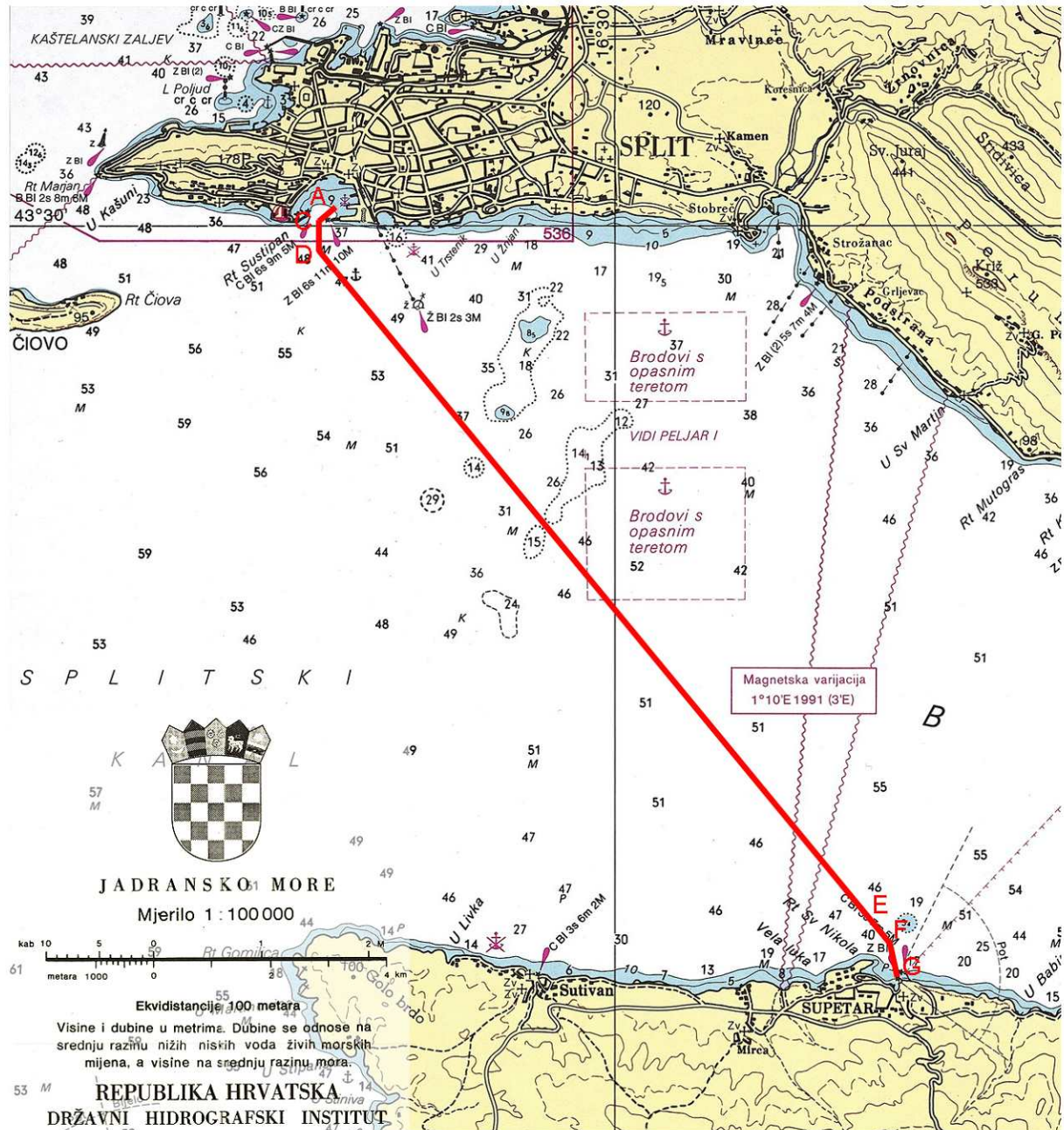
$v = 10,12,14,16,18\text{čv}$ -pretpostavljene brzine broda

Tablica 8: Vrijednosti brzine i vremena
provedenog u plovidbi maksimalnom brzinom (D-E)

$v[\text{čv}]$	$t[\text{min}]$
10	14.6
12	12.2
14	10.4
16	9.1
18	8.1

Iz razmatranja je vidljivo da je vrijeme provedeno u plovidbi maksimalnom brzinom iznosi 15-20% ukupnog vremena plovidbe. I povećanje maksimalne putne brzine neće uvelike utjecati na trajanje puta. Povećanje brzine s 10 -18 čv put skraćuje za cca 6 min što iznosi 5 %.

3.2. Analiza trajektne rute Split - Supetar



Slika 11: Isječak iz nautičke karte (ruta Split-Supetar)

$s = 15.92\text{km}$ -udaljenost kojom brod plovi maksimalnom brzinom

$s = 8.6\text{nm}$

$v = 10,12,14,16,18\text{čv}$ -pretpostavljene brzine broda

Tablica 9: Vrijednosti brzine i vremena provedenog u plovidbi maks. brzinom (D-E)

v[čv]	t[min]
10	51.6
12	43.0
14	36.9
16	32.3
18	28.7

Kako je ruta Split-Supetar 3.6 puta duža od rute Zadar-Preko povećanjem maksimalne brzine mogu se ostvariti veće uštede u vremenu trajanja plovidbe i ukupnu plovidbu skratiti za cca 20 min povećanjem brzine s 10 čv (M/B Hrvat) na 16 čv.

Zaključak:

Iz prethodne analize se zaključuje da se putna brzina trajekta ovog tipa (plovno područje, duljine linija) ne može precizno pretpostaviti i odrediti njena optimalna vrijednost. Razlog tome leži u nejednakom godišnjoj opterećenosti, nemogućnosti točnog određivanja vremena ukrcaja (različiti brodovi, različite posade) i tromosti vozničkih redova. Rješenje ovih problema se nudi u brodu s diesel-električnom ili plino-električnom propulzijom koja bi na taj način dopuštala više optimalnih brzina, ovisno o broju generatora koji trenutno rade (u optimalnom području).

Brod koji će biti projektiran u daljnjoj razradi ovog rada imat će maksimalnu putnu brzinu od cca 15 čv(4-generatora),cca 13 čv(3- generatora) cca 10 čv(2-generatora).

4. Baza brodova

Kod projektiranja ovakvog tipa broda (namjena i akvatorij) generiranje baze brodova i njihova parametarska analiza ne čini se rješenjem koje može dovesti do optimalnih glavnih dimenzija, istisnine, izvedenih veličina itd. Glavne dimenzije i njihovi omjeri trebaju svakako biti u okvirima postojećih brodova ali se ne smiju nikako isključiti dimenzije i položaji pristanišnih mjesta, visina i širina obale koje više ili manje diktiraju sam brod. Drugi jednako važni parametri određivanja dimenzija samog broda su plan ukrcaja i slaganja automobila, raspored komunikacijskih putova, minimalne širine istih, razmak vertikala, zaštita od požara i evakuacija itd.

U tu svrhu skupljena je baza brodova sličnih karakteristika iz koje su očitavane egzaktnije vrijednosti, a također i idejno preuzimani određeni detalji općih planova, razmještaja prostorija, komunikacija i sami načini slaganja vozila.[19]

Tablica 10: Flota Jadrolinije protočnih trajekata

Ime broda		L _{oa} [m]	L _{wl} [m]	L _{pp} [m]	B [m]	T [m]	Broj automobila/ Broj putnika	Brzina [čv]
Tin Ujević		93.3			17		200/1000	14
Sestrinski brodovi	Supetar	87,6	75.9	80	17.5	2.4	100/600	11.5
	Sv. Krševan						100/600	11.5
	Cres						130/600	11.5
	Marjan						130/600	12.3
	Hrvat						130/600	13
	Juraj Dalmatinac						130/600	13

U tablici 10. Prikazani su protočni trajekti u vlasništvu Jadrolinije, trajekti koji su navedeni građeni su od 2002 godine do danas. U sljedećoj tablici prikazani će biti predočeni trajekti iz ostatka Europe čiji su projektne varijable zanimljive u projektiranju i vrijedne razmatranja u razradi ovog projekta.

Tablica 11: Tablica protočnih trajekata (Mediteran i Baltik)

Ime broda	Loa[m]	B[m]	T[m]	Broj automobila/ Broj putnika	brzina[čv]
Fjord/LNG	129,8	19.1	4.6	193/530	21
Dryna	67.7	14	3.3	93/500	13
Folkenstad	67.7	16.4	3.5	100/500	13
MM 90 FC	97.9	18	4	160/600	
X Lamaias	82.9	14.9	1.83		
Y Lamaias	72.8	14.9	1.83		

5. Sinteza projekta

5.1. Preliminarne glavne dimenzije

Kako u ovoj fazi projekta točne dimenzije ne mogu biti precizno određene, vrijednosti u kojima bi se one trebale nalaziti biti će prikazane u sljedećoj tablici. Preliminarne dimenzije su promatrane prema okvirnom kapacitetu broda od 140 automobila ili 12 trailera i 1200 putnika (masa tereta 600 t).

Tablica 12: Raspon dimenzija projekta

Raspon dimenzija							
$L_{pp}[\text{max}]$	$L_{pp}[\text{max}]$	$B[\text{min}]$	$B[\text{max}]$	$T[\text{min}]$	$T[\text{max}]$	$c_b[\text{min}]$	$c_b[\text{max}]$
80	88	17	20	2.3	2.5	0.55	0.68

Da bi se preciznije mogle odabrati dimenzije broda širina i dužina potrebno je usvojiti dimenzije vozila, minimalne razmake između istih, napraviti plan slaganja vozila, definirati koridore izlaska putnika iz vozila, vertikalne i ostale elemente komunikacije i opreme broda.

5.2. Dimenzije vozila

U sljedećoj tablici su prikazane specifične dimenzije vozila. Dok su minimalne dimenzije slaganja preuzete iz Hrvatskog zakona o prijevozu u linijskom i povremenom prometu, odnosno minimalne da bi brod mogao ploviti pod zastavom Republike Hrvatske.

Tablica 13: Dimenzije vozila

TRAILER 12 T			
	Dimenzije		
	L[m]	H[m]	B[m]
	18	4	2.5
	Dimenzije slaganja		
	L1[m]	H1[m]	B1[m]
	18.6	4.5	3.1
Položaj težista			
X[m]	Y[m]		
9	2.4		
AUTOMOBIL 1.6 T			
	Dimenzije		
	L[m]	H[m]	B[m]
	4.4	1.8	1.8
	Dimenzije slaganja		
	L1[m]	H1[m]	B1[m]
	4.65	2.1	2.2
Položaj težista			
X[m]	Y[m]		
2.2	1.1		
MOTOCIKL 0.2 T			
	Dimenzije		
	L[m]	H[m]	B[m]
	2	1.2	0.6
	Dimenzije slaganja		
	L1[m]	H1[m]	B1[m]
	2.2	2.1	1
Položaj težista			
X[m]	Y[m]		
1.1	0.8		

5.3. Dimenzije i glavne značajke prostora i putničkih koridora na brodu

Dimenzije i značajke prostora i putničkih koridora na brodu projektirane su u skladu s „ABS-Passengers vessels“ u klasi CONF[+] [23] i kao takve priznate su od svih ustanova u udruženju IACS.

U sljedećoj tablici prikazane su dimenzije pojedinih elemenata u sklopu općeg plana broda i minimalne zahtijevane vrijednosti prema ABS-u.

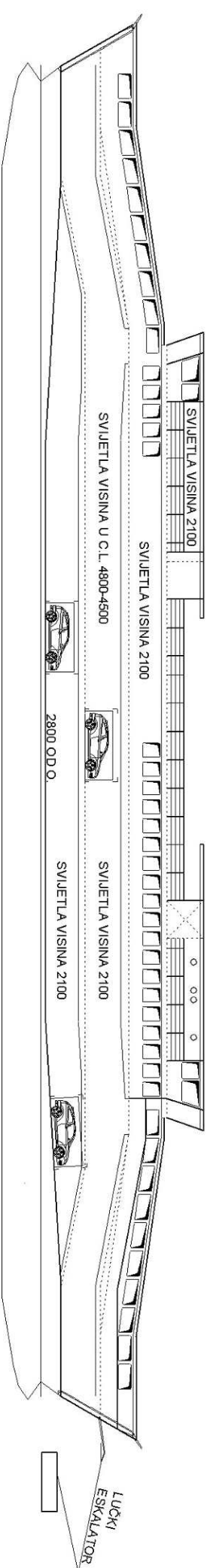
Tablica 14: Minimalne i ostvarene dimenzije elemenata komunikacije

ELEMENT	Svijetla visina[mm]		Svijetla širina[mm]	
	Ostvarena	Minimalna	Ostvarena	Minimalna
Garaža (u području automobila)	2100	2030		
Garaža(u području trailera)	4800	4800		
Putnički prostori	2100	2050		
Hodnici	2100	2030	1200	1100
Putničke rampe	2100	2030	1200	1100
Rampe za vozila(unutarnje)	2100	2030	3050	2.8
Putničke stepenice	2100	2030	1200	1100
Vrata jednokrilna	2050	2030	1200	915
Vrata dvokrilna(za bježanje)	2050	2030	2800	2500

ELEMENT	Nagib	
	Ostvareni	Maksimalni
Putničke rampe	8-10°	15°
Putničke stepenice	38°	38°
Rampe za vozila(unutarnje)	5-11°	11°

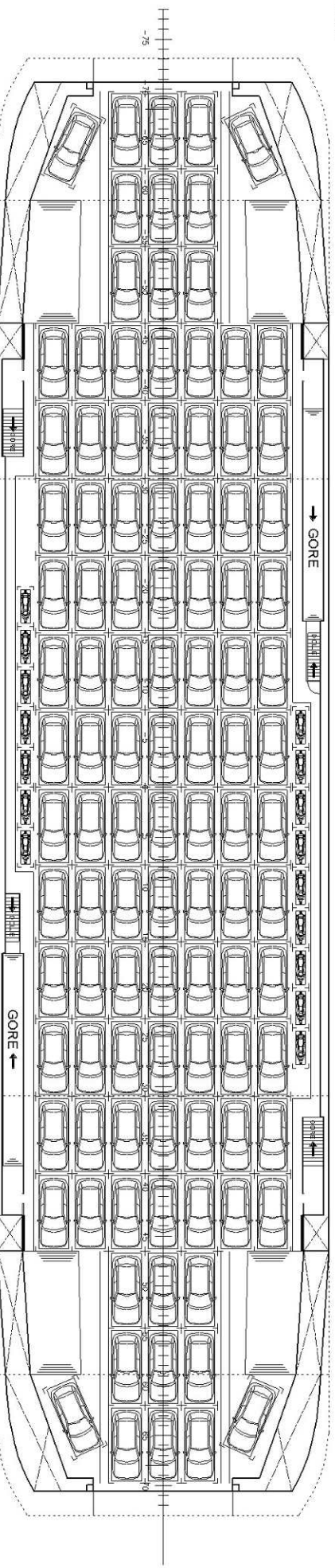
Na sljedećoj slici biti će prikazan plan smještenih vozila i kretanja putnika iz vozila prema salonu i sunčanoj palubi.

KROV KORM	12900 OD O.
SUNČANA PALUBA	10550 OD O.
PALUBA PUTNIKA	8100 OD O.
PALUBA KAŠTELA	6300 OD O.
MEDJU PALUBA	5300 OD O.
GL. PALUBA	3800 OD O.
VODNA LINIJA	2800 OD O.
OSNOVICA	



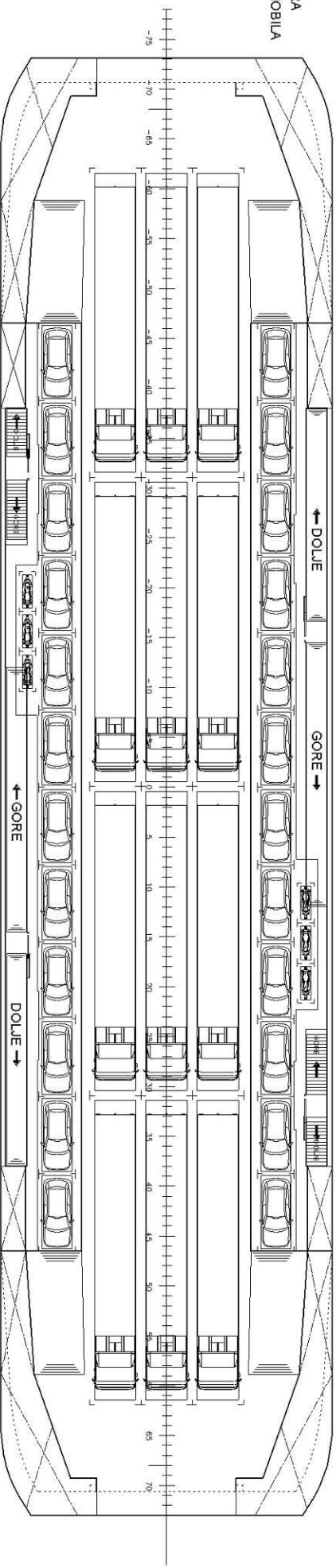
MJERILO

GLAVNA PALUBA
106 AUTOMOBILA



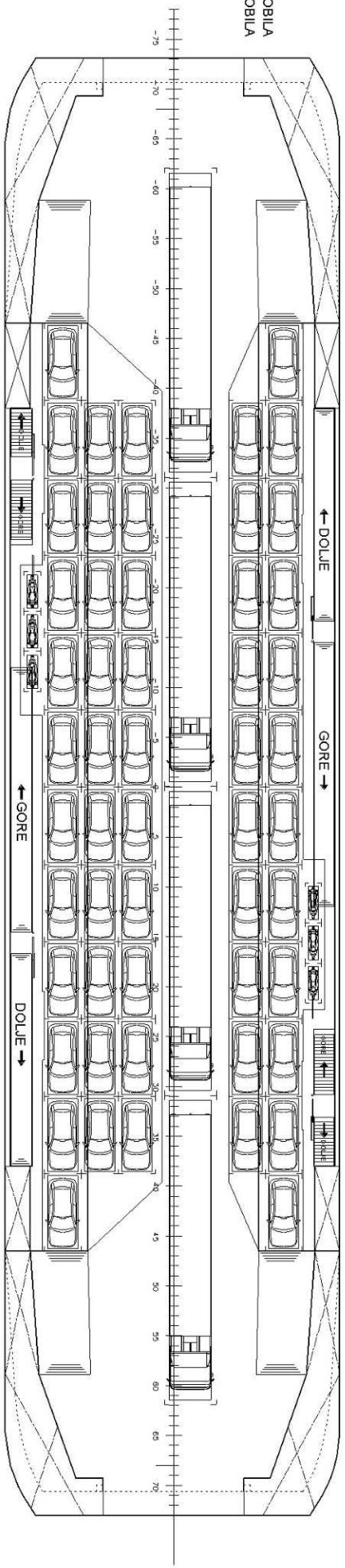
GLAVNA PALUBA
MEDJUPALUBA

12 TRAILERA
24 AUTOMOBILA



MEDJUPALUBA
POMIČNA PALUBA

24 AUTOMOBILA
30 AUTOMOBILA

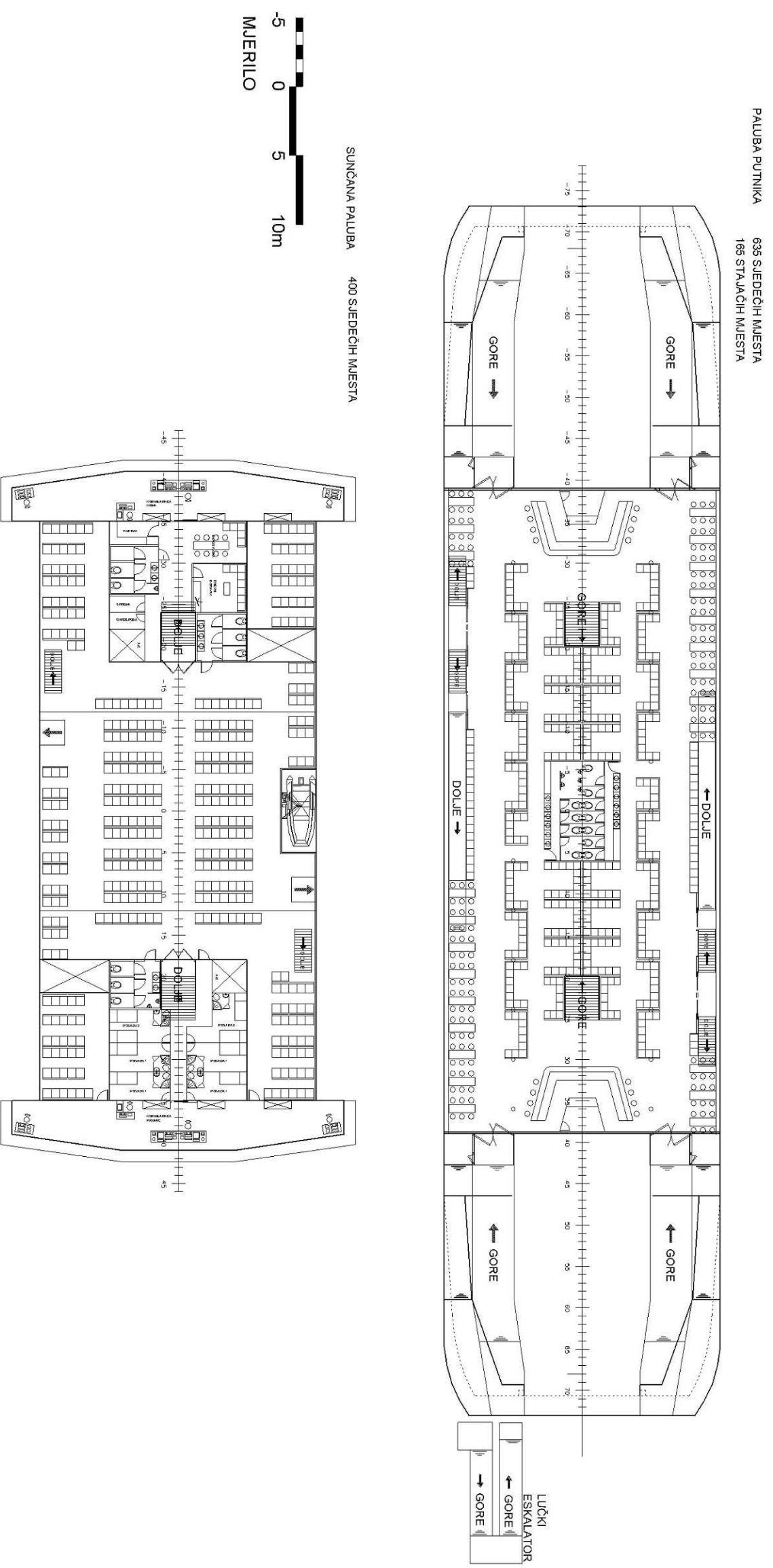


Slika 12: Plan smještenih vozila
i komunikacija putnika iz vozila

Jedna od osnovnih ideja komunikacije putnika na brodu je odvojiti putnike koji u brod ulaze kao pješaci od vozila i putnika u vozilima. Brod je projektiran tako da se putnici pomoću lučkog eskalatora penju na visinu palube kaštela i rampom ulaze u salon putnika. Ideja za projektiranje ovakvog sustava ulaska pješaka u brod preuzeta je od avionskih terminala po velikim zračnim lukama, a može biti primjenjivo u trajektnim lukama na protočnim trajektima. Ovakav ulazak putnika pješaka u brod komplicira nešto samu konstrukciju i opremu, također zahtijeva posebnu opremu luke ali pozitivno utječe na brzinu ukrcaja i iskrcaja, a ujedno i pružajući ugodniji ulaz u brod bez savladavanja visinske razlike u samom brodu. Sljedeća pozitivna karakteristika je fizičko odvajanje pješaka od automobila i prolazak pješaka kroz garažu za vrijeme ukrcaja (ispušni plinovi-sigurnost pješaka).

Salon putnika projektiran je za 635 - sjedećih mjesta i 165 stajaćih, dva bara simetrično postavljena na rebro 0, propisani broj sanitarnih čvorova+ sanitarni čvor za invalide. U samom projektu predviđena su mjesta za smještaj invalida u invalidskim kolicima.

Na sljedećoj slici biti će prikazan plan ulaska putnika pješaka u brod preko putničkih rampi na palubi kaštela.



Slika 13: Plan komunikacije putnika pješaka preko palube kaštefa

Sunčana paluba, sanitarni, čvorovi, prostorije posade na istoj, kao takvi nisu utjecali direktno na dimenzije broda, njihov raspored i opis prikazani su u općem planu i tehničkom opisu.

Nakon definiranja brodske garaže, komunikacijskih prostora, palube putnika i sunčane palube možemo usvojiti glavne dimenzije broda koje su jednake:

Tablica 15: Glavne dimenzije broda

L_{pp} [m]	L_{oa} [m]	B[m]	H[h]
81.6	91.4	20	12.9

Također možemo definirati kapacitet broda.

Tablica 16: Kapacitet broda

OSNOVNI NAČIN			
	Trileri	Automobili[max]	Motocikli
Glavna paluba	0-4	106	15
Međupaluba	0	54	6
ALTERNATIVNI NAČIN-Dignute palubice			
	Trileri	Automobili	Motocikli
Glavna paluba	12	24	15
Međupaluba		24	6
PUTNICI			
	Sjedeća mjesta	Stajaća mjesta	
Paluba putnika	635	165	
Sunčana paluba	400		



Slika 14: Prostorni prikaz pristupa pješaka



Slika 15: Prostorni prikaz garaže (dignute pomične palubice)



Slika 16: Prostorni prikaz garaže (spuštene pomične palubice)

6. Konstrukcija broda

6.1. Općenito o konstrukciji broda

Brod je projektiran u mješovitom sustavu gradnje. Trup i nadgrađe projektirani su od limova i profila i izrađeni su od običnog brodograđevnog čelika "GRADE A", koji su zavareni standardnim postupkom.

Elementi konstrukcije su preliminarno dimenzionirani prema ABS – Steel ships under 90 m, dok je provjera čvrstoće ispitana prema BV-ovom računalnom programu MARS 2000.

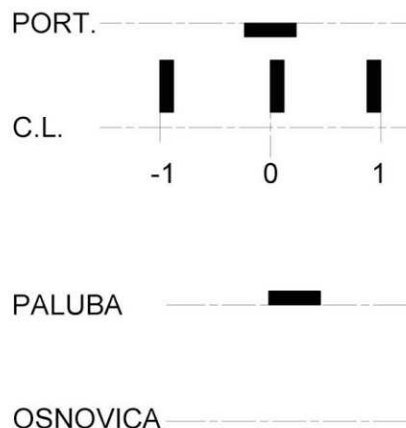
Pri projektiranju konstrukcije posebna pažnja pridana je smanjenju različitih debljina limova i profila u svrhu smanjenja i pojednostavljenja narudbene specifikacije.

6.2. Teoretski razmak rebara, pregrade i orijentacija materijala

Teoretski razmak rebara jednak je $s=600$ mm, jednak po cijeloj dužini broda. Nulto rebro pozicionirano je na glavnom rebro broda (dvostruka simetrija forme), negativna rebra gledaju prema krmi broda, krmeni perpendikular pozicioniran je na #-68, a pramčani na #68.

Sudarne pregrade broda pozicionirane su na rebro #-57 i # 57 i ima ukupno 8 poprečnih pregrada u trupu broda.

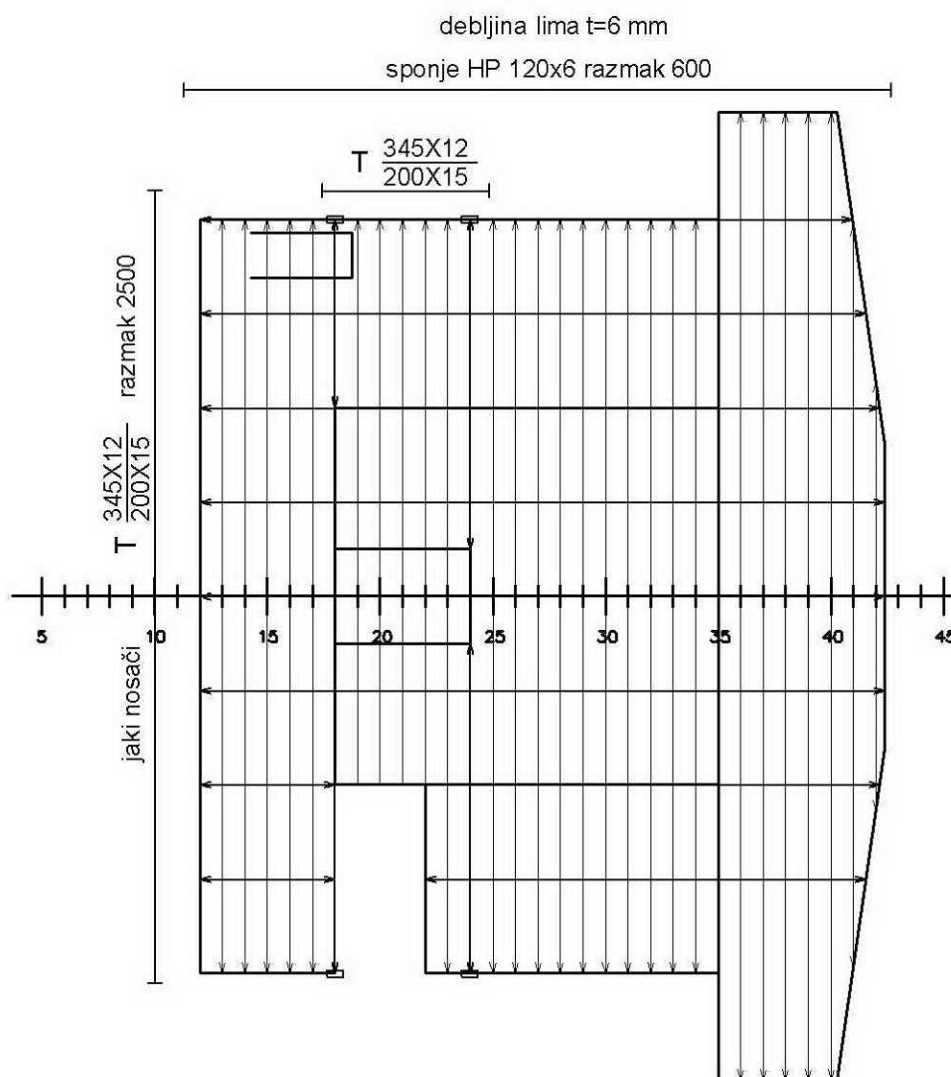
Osnovna orijentacija broda prikazana je na sljedećoj slici:



Slika 17: Orijehtacija materijala

6.3. Krov kormilarnice

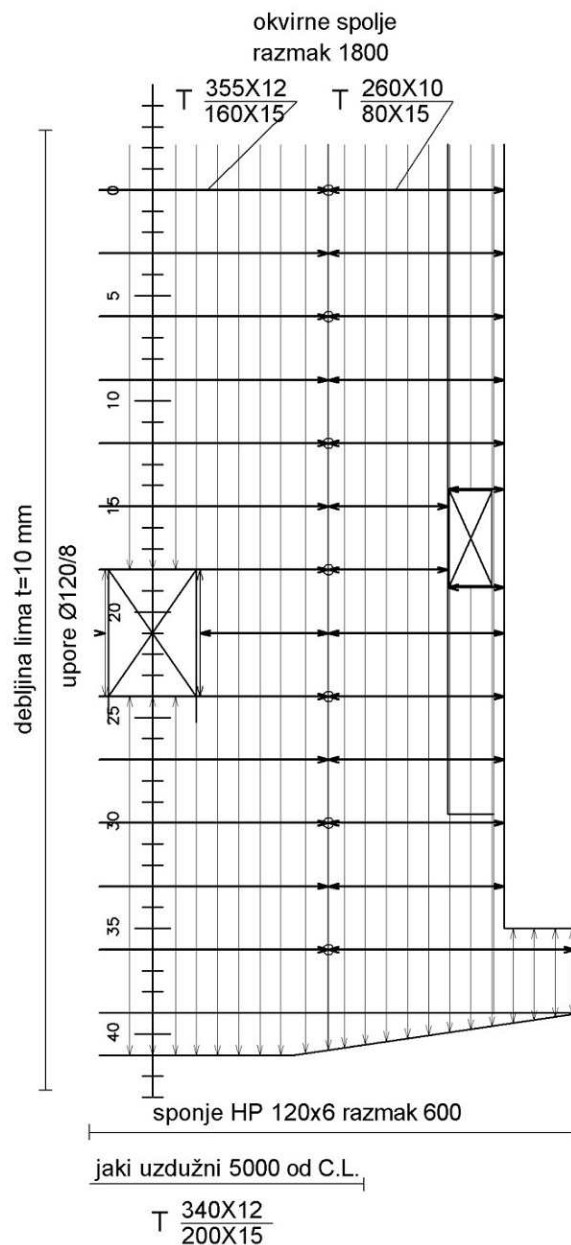
Krov kormilarnice projektiran je u poprečnom sustavu gradnje. Projektni tlak jednak je 5kN/m^2 (MARS 2000) [S5]. Jaki uzdužni nosači koji nose sponje oslonjeni su na stijene kormilarnice i pregradne čelične stijene. Upore nisu potrebne. Konstrukcija je izvedena s prelukom od 180 mm. Preliminarne dimenzije nosača i njihov raster prikazane na sljedećoj slici.



Slika 18: Preliminarna konstrukcija krova kormilarnice

6.4. Sunčana paluba

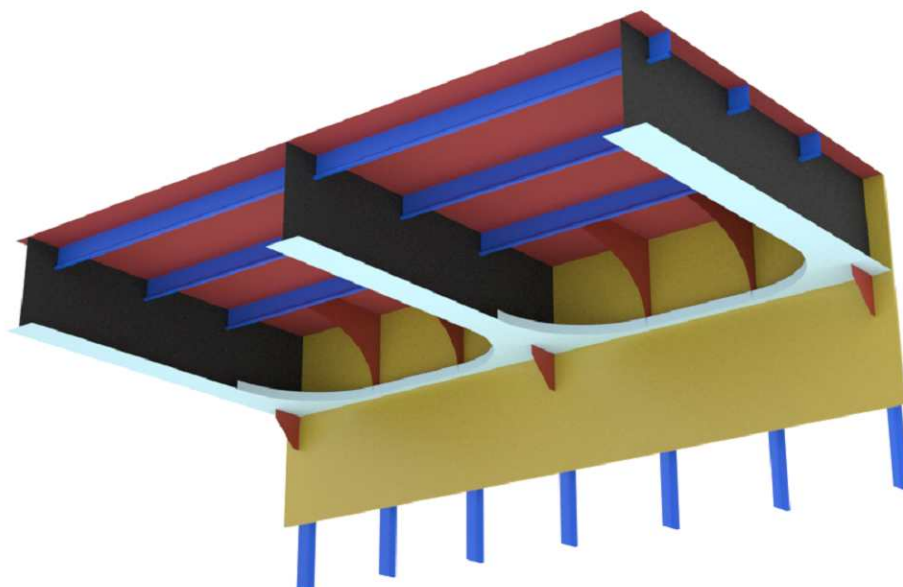
Sunčana paluba projektirana je u uzdužnom sustavu gradnje. Projektni tlak jednak je 6.7 kN/m^2 (MARS 2000). Uzdužnjaci palube u rasteru od 600 mm oslonjeni su podveze palube koje se nalaze na svakom trećem rebru, svaka druga podveza oslonjena je na uporu dok je među-proveza oslonjena na jaku uzdužni nosač palube. Jaki uzdužni nosači palube pozicionirani su 5000 mm od C.L. i poduprti uporama.



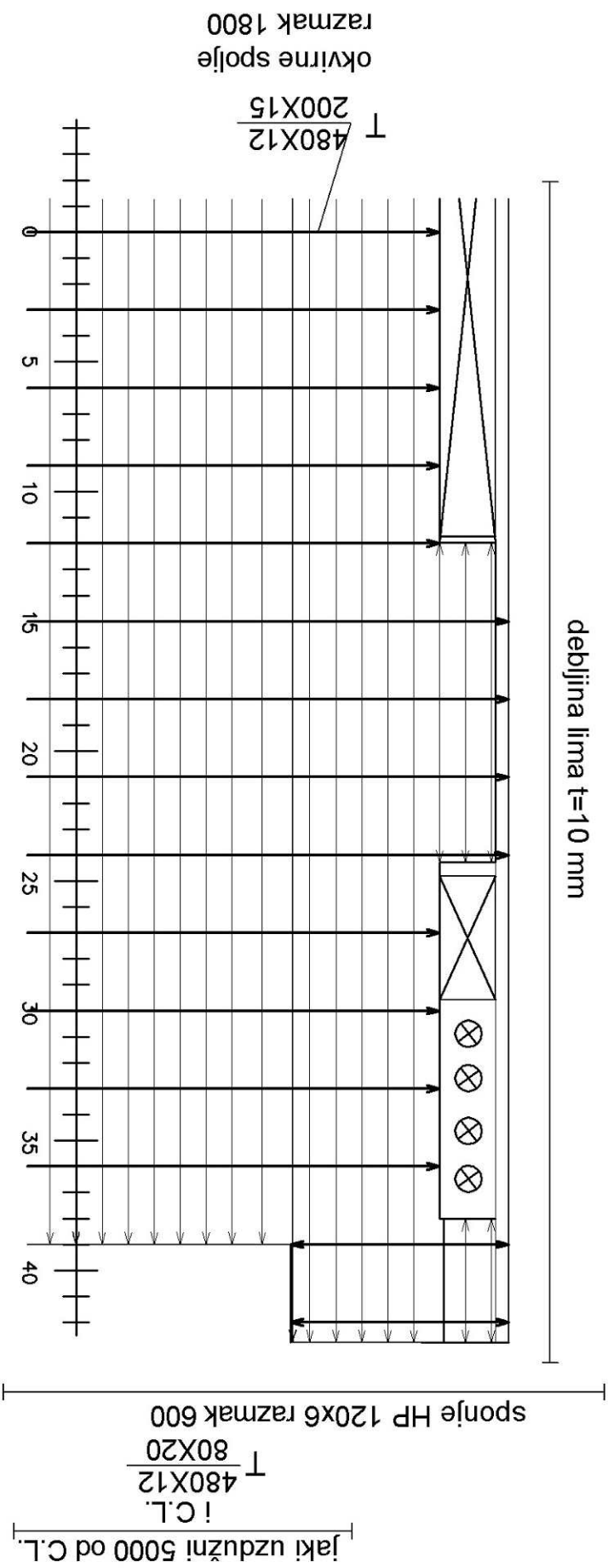
Slika 19: Konstrukcija sunčane palube

6.5. Paluba putnika

Paluba projektirana je u uzdužnom sustavu gradnje. Projektni tlak jednak je 6.7 kN/m^2 (MARS 2000). Raster uzdužnjaka i okvirnih sponja je jednak, osim što je dodan jaki uzdužni nosač u području C.L. Sve sponje koje završavaju na uzdužnoj pregradi (cassing-u komunikacije) osim koljenom ukrućene su „spojnom pločom“ na sljedeću ukrepu pregrade.



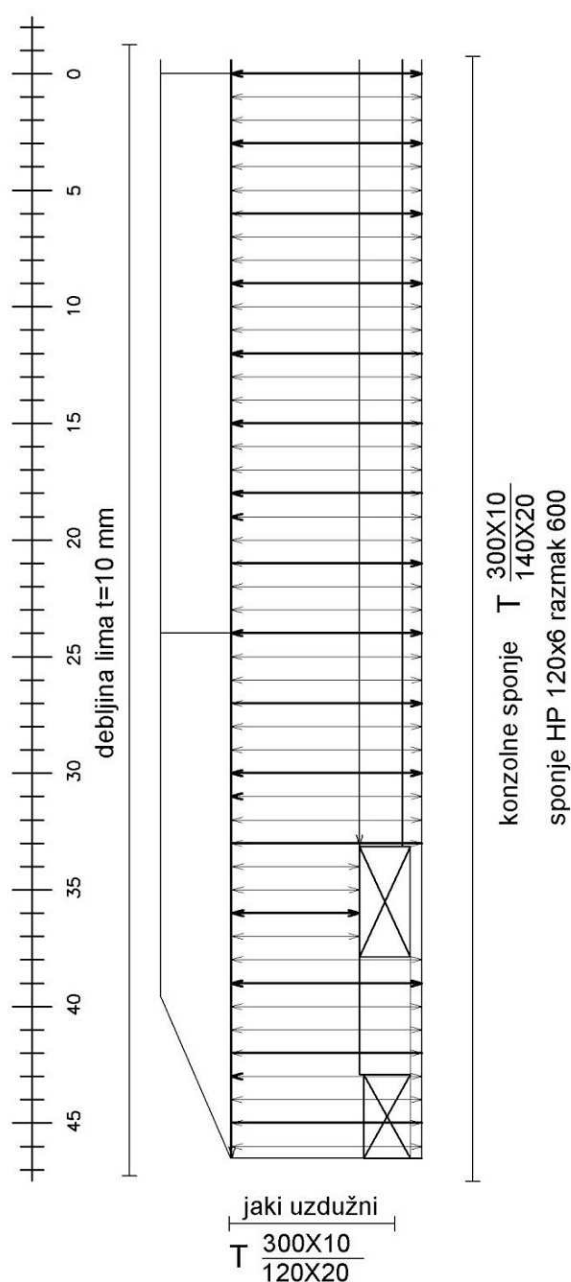
Slika 20: Detalj spoja okvirne sponje i uzdužne pregrade



Slika 21 : Konstrukcija palube putnika

6.6 Međupaluba

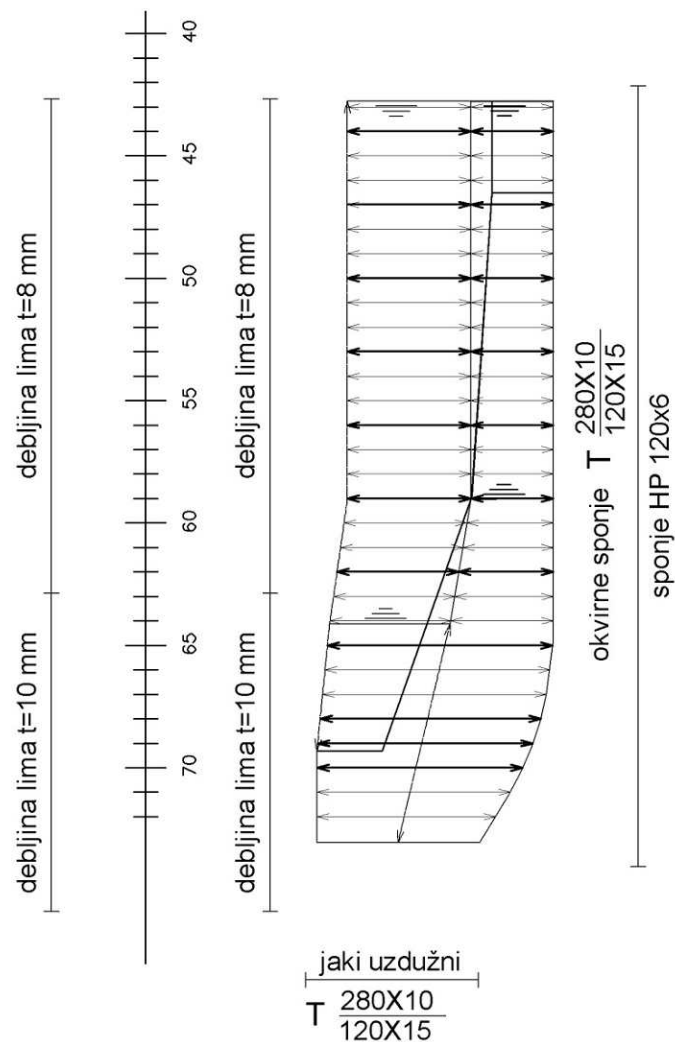
Konstrukcija palube izvedena je u poprečnom sustavu gradnje, na svako teoretsko rebro postavljena je jaka konzolna sponja, na sponje su oslonjeni jaki uzdužni nosači na kraju nepoduprtog raspona i u širini uzdužne pregrade. Međupaluba je dimenzionirana na projektni tlak od 5KN/m^2 i jednoredno osovinsko opterećenje od 12KN . Po određivanju mjesta hvatanja pomičnih palubica te sponje će biti proračunate direktnim metodama.



Slika 22: Konstrukcija međupalube

6.7. Paluba kaštela i rampe za putnike

Konstrukcija projektirana u poprečnom sustavu gradnje. Projektni tlak 12 kN/m². Okvirne sponje postavljene na svako treće teoretsko rebro osim u području palubnih strojeva na gdje su postavljene na tri uzastopna, jaki uzdužni nosač postavljen je na nepoduprtom kraju rampe da se obične sponje mogu rasteretiti i osloniti jednoliko na oba kraja.



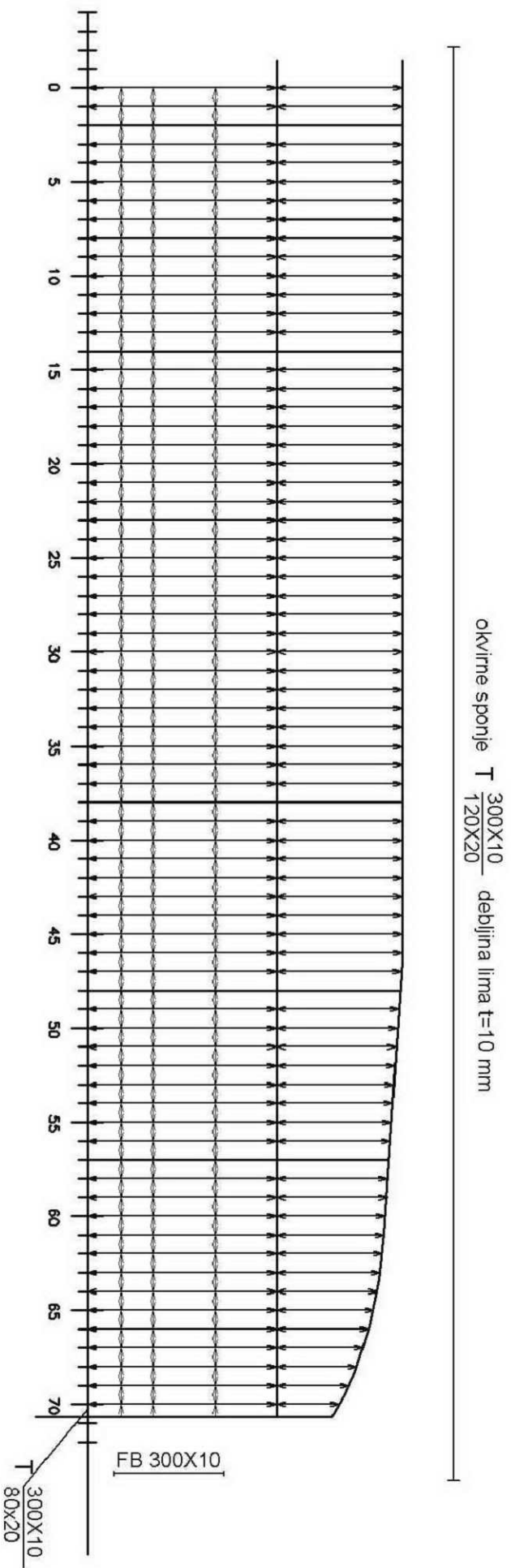
Slika 23: Konstrukcija međupalube kaštela

6.8. Glavna paluba

Projektirana u poprečnom sustavu gradnje. Projektno opterećenje 120 kN (osovinsko s dvostrukim kotačima) u području trailera ostalo kao međupaluba. Okvirna rebra nalaze se na svakom teoretskom rebru oslonjena na uzdužnu (nepropusnu pregradu boka i jaki uzdužni nosač u C.L..Jako uzdužni nosač oslonjen na dvodno broda uporom koja se nalazi na svakom drugom teoretskom rebru. U području kotača tegljača i trailera biti će postavljeni interkostalni nosači, da ne bi došlo do međurebrenog izvijanja.

6.9. Dvodno broda

Poprečni sustav gradnje. Visina dvodna 500-1100 mm, solidne rebrenice postavljene na svako rebro, jaki uzdužni nosači postavljeni u C.L.(centralni) i po svakom boku na razmaku od 2400 mm. Posebna pojačanja dvodna predviđena u području cilindričnih spremnika plina na mjestima temeljenja i u području nosača generatorskog seta.

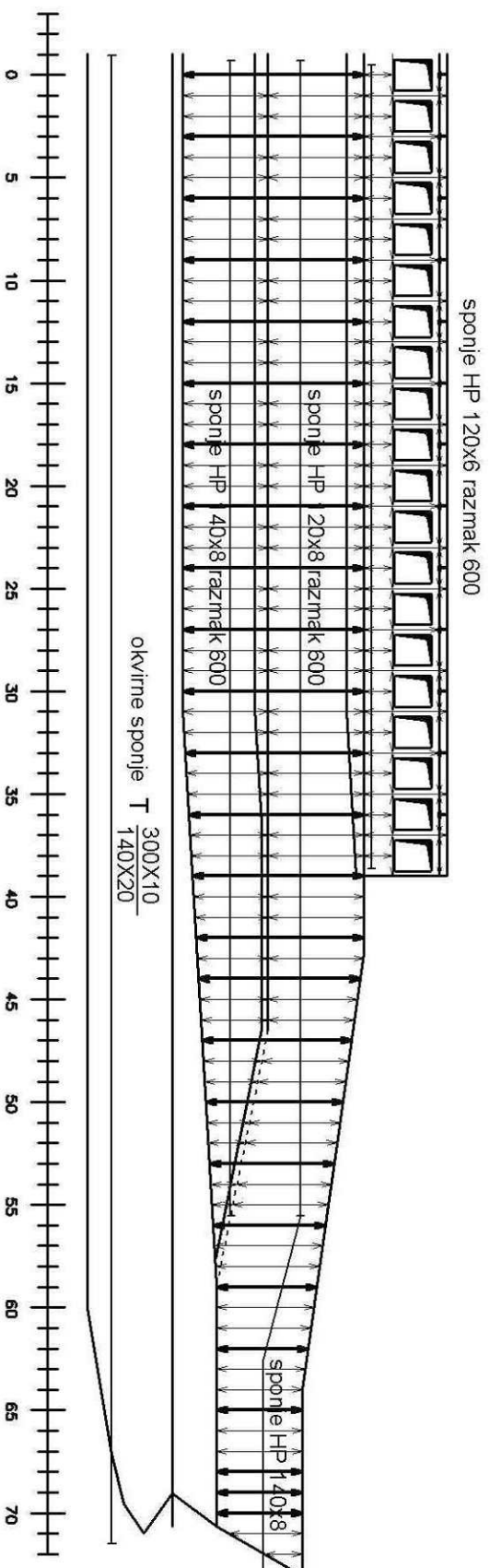


Slika 24: Konstrukcija glavne palube

6.10. Bok broda

Poprečni sustav gradnje. Opterećenje varijabilno i preuzeto iz BV-Mars 2000. Svako treće okvirno rebro na koje se nastavlja konzolna sponja međupalube na ostalim teoretskim rebrima obična. U području uzdužne pregrade nema okvirnih rebara sve ukrepe su istog reda.

Bok broda u području 0.2 L od perpendikulara prema #0 je pojačan u skladu s pravilima.[22]



Slika 25:Konstrukcija boka broda

6.11. Uzdužna čvrstoća broda

Uzdužna čvrstoća broda provjerena je BV-ovim računalnim programom Mars-2000 [S5]. Na sljedeće tri slike donosim dio izvješća vezanog za uzdužnu čvrstoću.

Tablica 17: Opterećenja broskog trupa

Hull Girder Loads

Vertical Bending Moment

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M. Builder's proposal in Basic Ship Data	0.	0.
S.W.B.M. Builder's proposal at X = 45 m		
S.W.B.M. preliminary value at midship	103 676.	- 84 237.
S.W.B.M. preliminary value at X = 45 m	103 676.	- 84 237.
Rule Vertical Wave Bending Moment at X = 45 m . .	123 116.	- 142 555.

Design Hull Girder Loads at X = 45 m

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M.	103 676.	- 84 237.
Wave bending moment (rule)	123 116.	- 142 555.
Horizontal wave bending moment	20 942.	

	Positive (KN)	Negative (KN)
Vertical still water shear force	1 000.	
Vertical wave shear force	3 385.	- 3 385.

Admissible Vertical Shear Forces

Total Admissible Vert. Shear Force	(KN)	16 935.
Positive Admissible Vert. Still Water Shear Force	(KN)	13 550.
Negative Admissible Vert. Still Water Shear Force	(KN)	13 550.

Tablica 18: Zahtijevane i ostvarene geometrijske karakteristike trupa

Section moduli and Inertia

X section	45.000 (m)
X mid - 0.2 L	24.120 (m)
X mid + 0.2 L	56.280 (m)

Rule section moduli

Minimum section modulus ($k=1, n_1=1$) 1.2960 (m³)

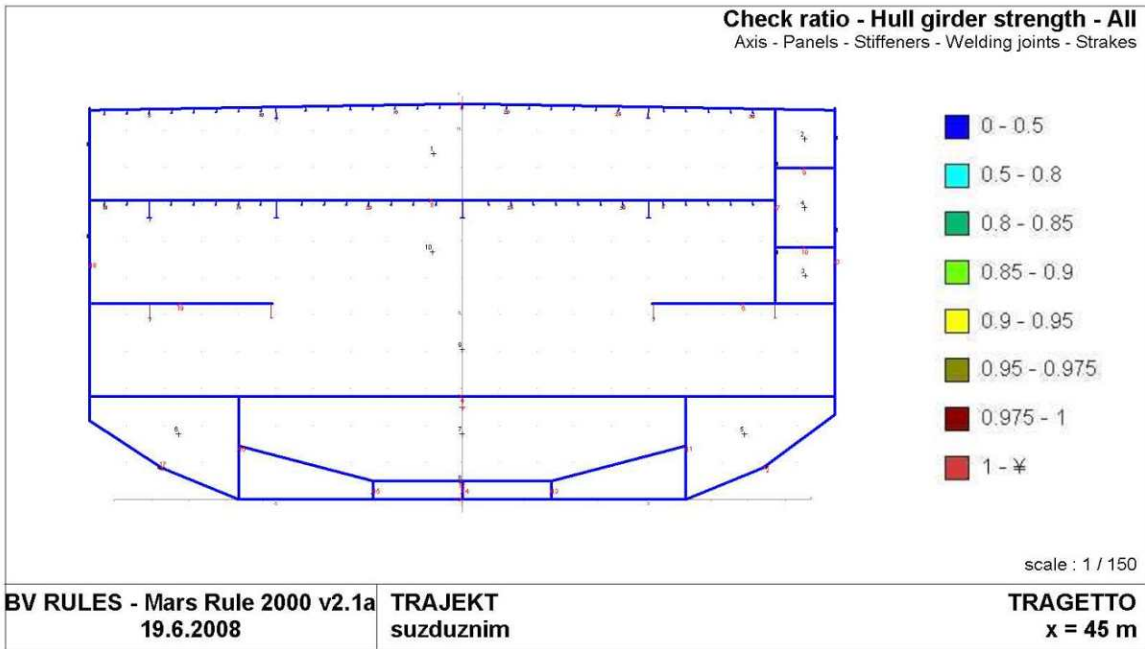
	Deck	Bottom
Modulus based on design SWBM, Hog (103 676.3 kNm)	1.2960	1.2960
Modulus based on design SWBM, Sag (- 84 237.0 kNm)	1.2960	1.2960
Rule Modulus	1.2960	1.2960

Check of section moduli and inertia

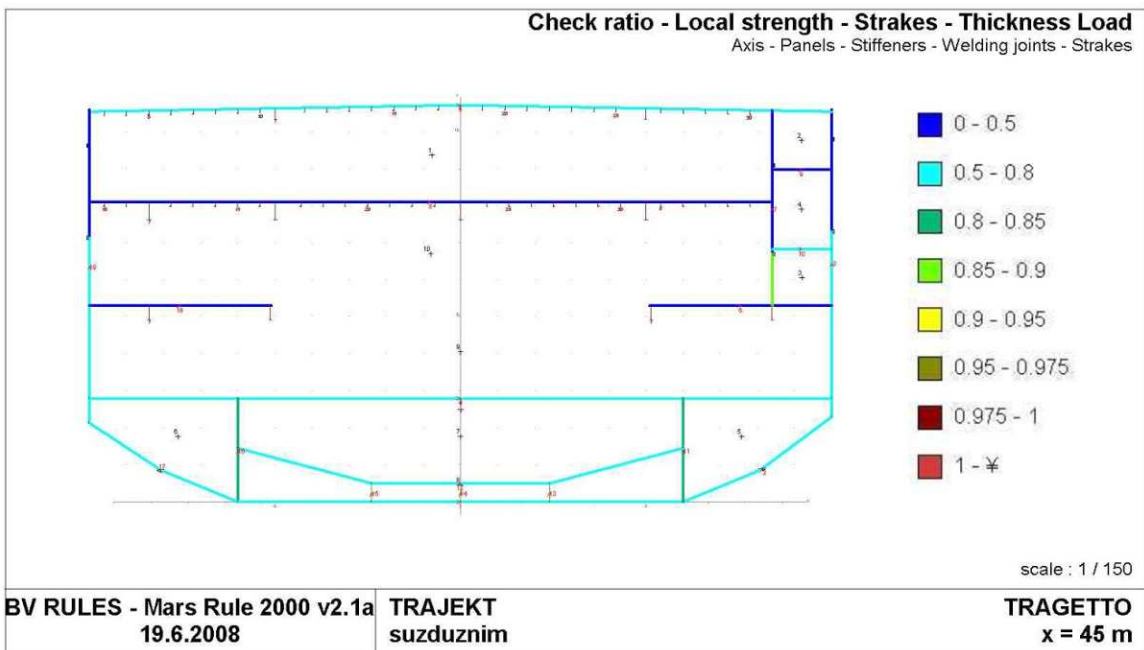
		Rule	Actual
Deck	(10.600 m)	1.2960	3.5711
Bottom	(0.000 m)	1.2960	4.0764
Inertia		3.1258	20.1774

Check of Net/Gross Moduli

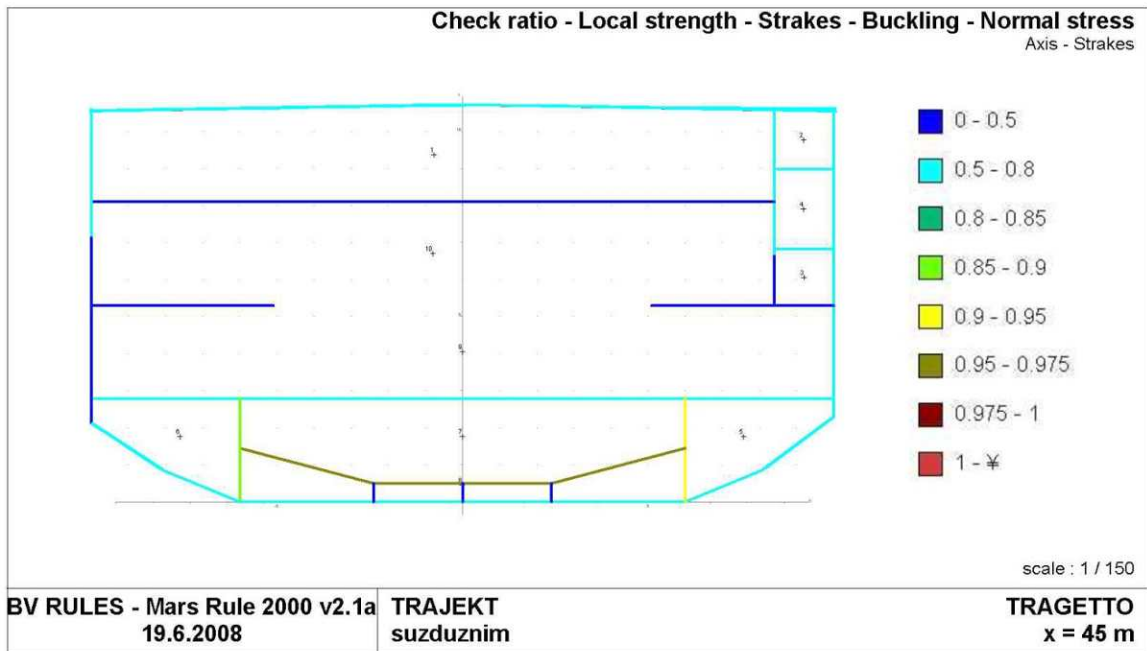
		Actual Gross	Actual Net	%
Deck	(10.600 m)	3.5711	3.2185	90.1
Bottom	(0.000 m)	4.0764	3.5247	86.5



Slika 26: Raspored naprezanja u trupu uslijed savijanja

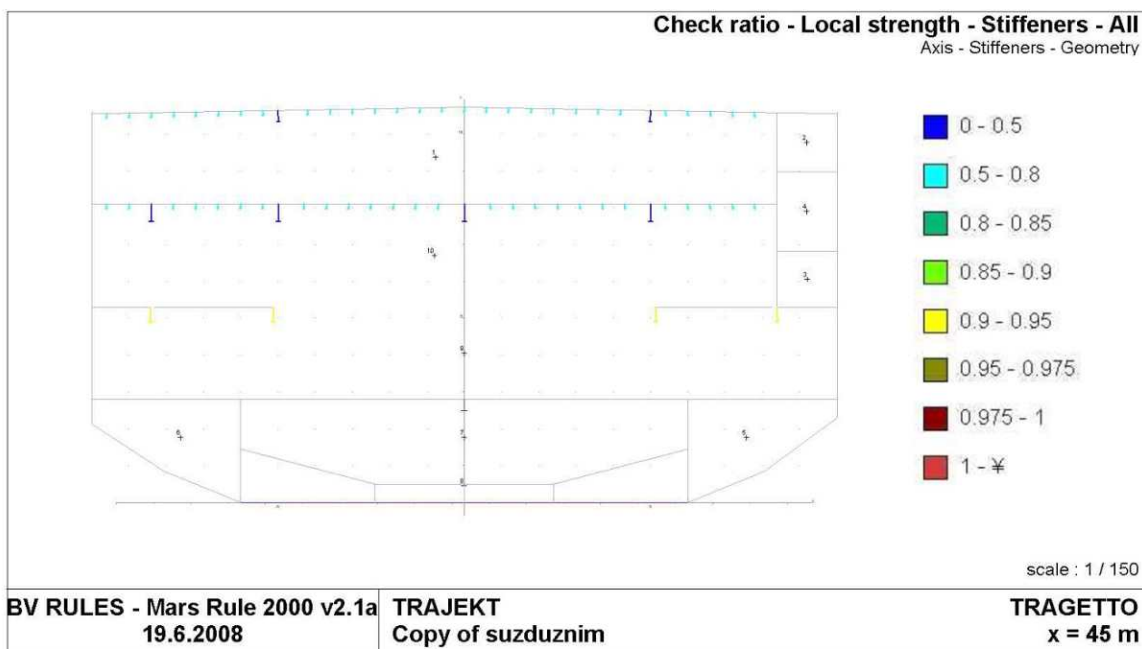


Slika 27: Raspored naprezanja u limovima uslijed lokalnog opterećenja tlakom

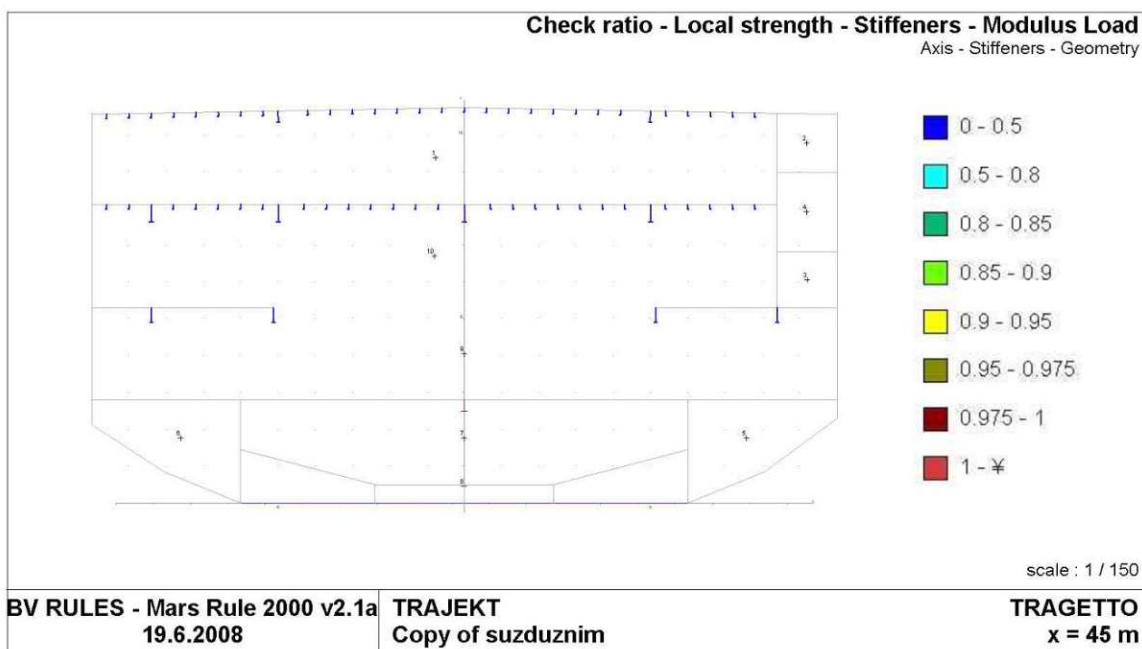


Slika 28: Raspored naprezanja izvijanja uslijed normalne sile

6.12. Provjera čvrstoće uzdužnih elemenata

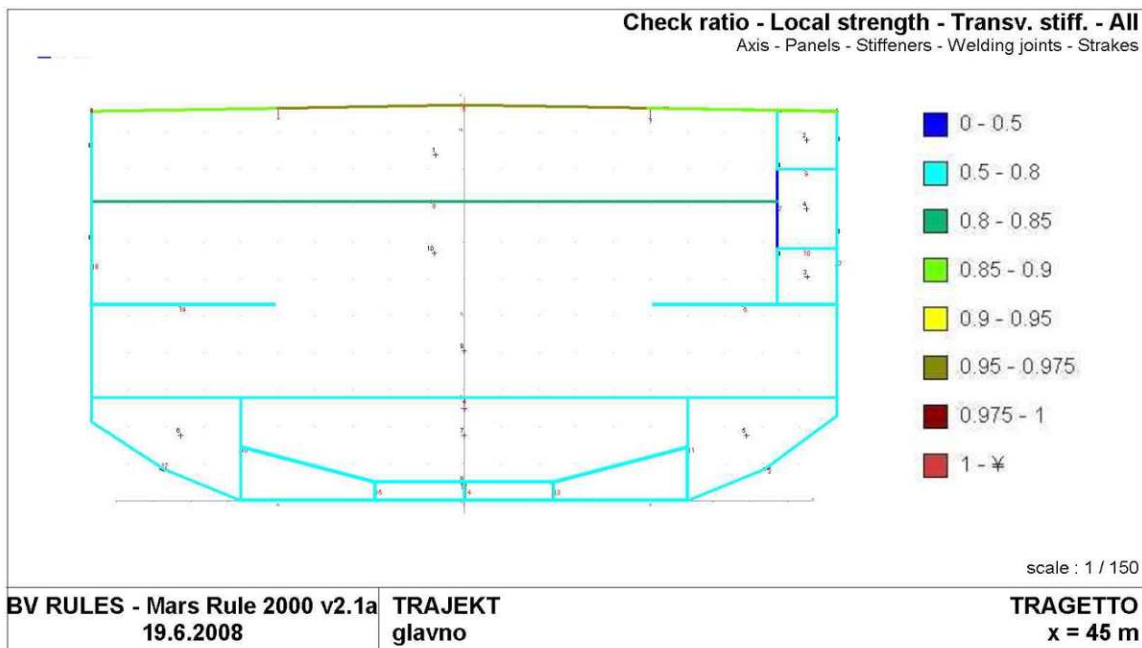


Slika 29: Grafički prikaz ukupnih napreznanja u uzdužnim elementima

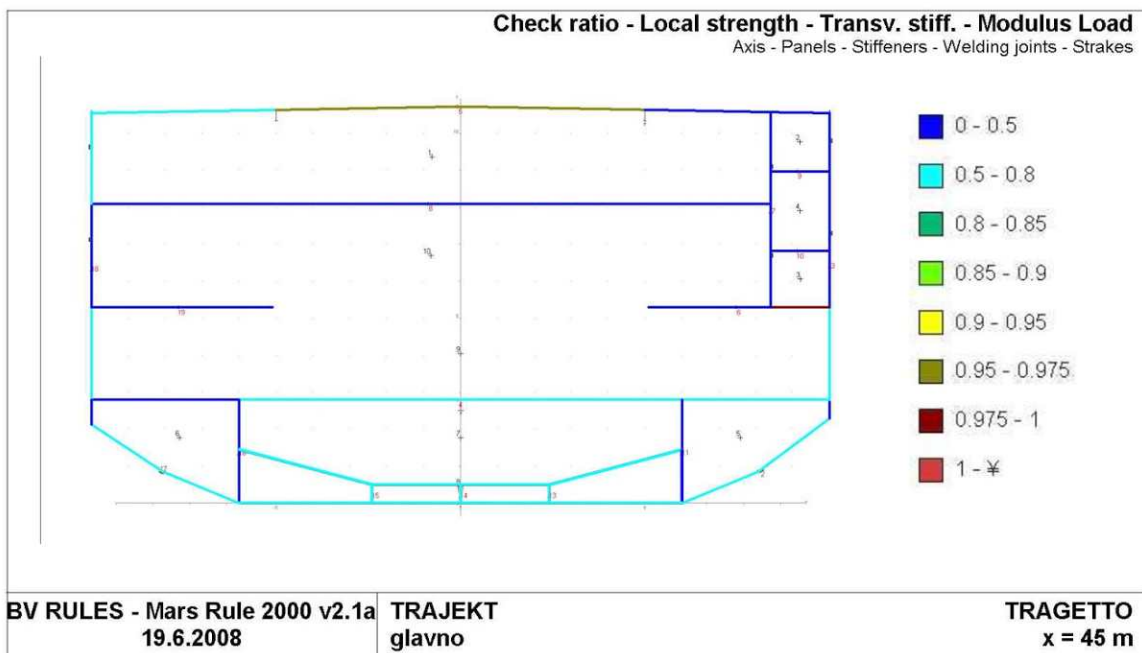


Slika 30: Grafički prikaz napreznanja uslijed lokalnih opterećenja

6.13. Provjera čvrstoće poprečnih elemenata



Slika 31: Grafički prikaz ukupnih naprezanja u poprečnim elementima (okviri)



Slika 32: Grafički prikaz naprezanja uslijed lokalnih opterećenja(u okvirima)

7. Masa broda

U preliminarnim fazama osnivanja broda masu praznog opremljenog broda proračunava se iskustvenim formulama. Kako je konstrukcija broda i većina opreme već definirana u samoj razradi projekta ispravnije se čini masu broda dobiti zbrajanjem konstruktivnih elemenata broda (čelika) i instalirane opreme u brodu.

Kod ovog načina opravdano je za zaključiti da će greška biti manja, a egzaktno se može definirati položaj težišta pojedinih masa i u konačnici položaj težišta sistema po visini.

7.1. Masa čelika trupa

Konstrukcija broda podijeljena je po osnovnim građevnim elementima trupa (sekcijama), analizirani su pojedini konstruktivni elementi i izračunata masa i položaj težišta. Tablice cjelokupne analize sadržane su u prilogu, završna tablica nalazi se u nastavku.

Tablica 19: Masa čelika trupa

MASA ČELIKA TRUPA				
DIO KONSTRUKCIJE	MASA [t]	X[m]	Y[m]	Z[m]
SUNČANA PALUBA	111	0	0	10.5
PALIBA PUTNIKA	118	0	0	8.05
MEĐUPALUBA	62	0	0	5.25
MEDJUPALUBA-KAŠTEL	40	0	0	6.3
GLAVNA PALUBA	196	0	0	3.1
KROV KORMILARNICE	56	0	0	12.85
BOK BRODA	118	0	0	5.3
UZDUŽNA PREGRADA BOKA	41	0	0	5.3
UZDUŽNA PREGRADA KAŠTELA	13	0	0	5.1
TUNELI PUTNIKA	22	0	0	7.9
TRUP	390	0	0	1.4
UKUPNA MASA/TEŽIŠTE	1166	0	0	3.84

7.2. Masa opreme i instalacija

Proračunu mase opreme i instalacije se pristupilo slično kao i masi čelika trupa. Masa opreme i instalacija podijeljena je u podprostore čija masa i težište je analizirano i obrađeno. Tablice cjelokupne analize sadržane su u prilogu, u nastavku je slijede dvije tablice. Tablice su identične osim po konačnom težištu mase sistema. Zbog mogućnosti eksploatacije broda s spuštenim (u radnom položaju) i dignutim podiznim palubicama težište po visini sistema se može nalaziti u dva položaja, što može rezultirati različitim polugama stabiliteta.

Tablica 20: Masa opreme i instalacija(spuštene palubice)

MASA OPREME I INSTALACIJA (SPUŠTENE PALUBICE)				
DIO OPREME I INSTALACIJA	MASA [t]	X[m]	Y[m]	Z[m]
NA GLAVNOJ PALUBI	34	0	0	4.81
NA MEĐUPALUBI	46	0	-1.0	5.61
NA MEĐUPALUBI KAŠTELA	7	0	0	6.0
NA PALUBI PUTNIKA	90	0	0	8.73
NA SUNČANOJ PALUBI	21	0	0	11
U PROSTORIMA POSADE I KORM.	55	0	0	12.0
U STROJARNICAMA	142	0	0	1.50
UKUPNA MASA/TEŽIŠTE	397	0	-0.116	5.96

Tablica 21: Masa opreme i instalacija(dignute palubice)

MASA OPREME I INSTALACIJA (DIGNUTE PALUBICE)				
DIO OPREME I INSTALACIJA	MASA [t]	X[m]	Y[m]	Z[m]
NA GLAVNOJ PALUBI	34	0	0	4.81
NA MEĐUPALUBI	46	0	-1.0	7.76
NA MEĐUPALUBI KAŠTELA	7	0	0	6.0
NA PALUBI PUTNIKA	90	0	0	8.73
NA SUNČANOJ PALUBI	21	0	0	11
U PROSTORIMA POSADE I KORM.	55	0	0	12.0
U STROJARNICAMA	142	0	0	1.50
UKUPNA MASA/TEŽIŠTE	396.6482	0	-0.116	6.21

7.3. Uzdužni raspored mase čelika broda

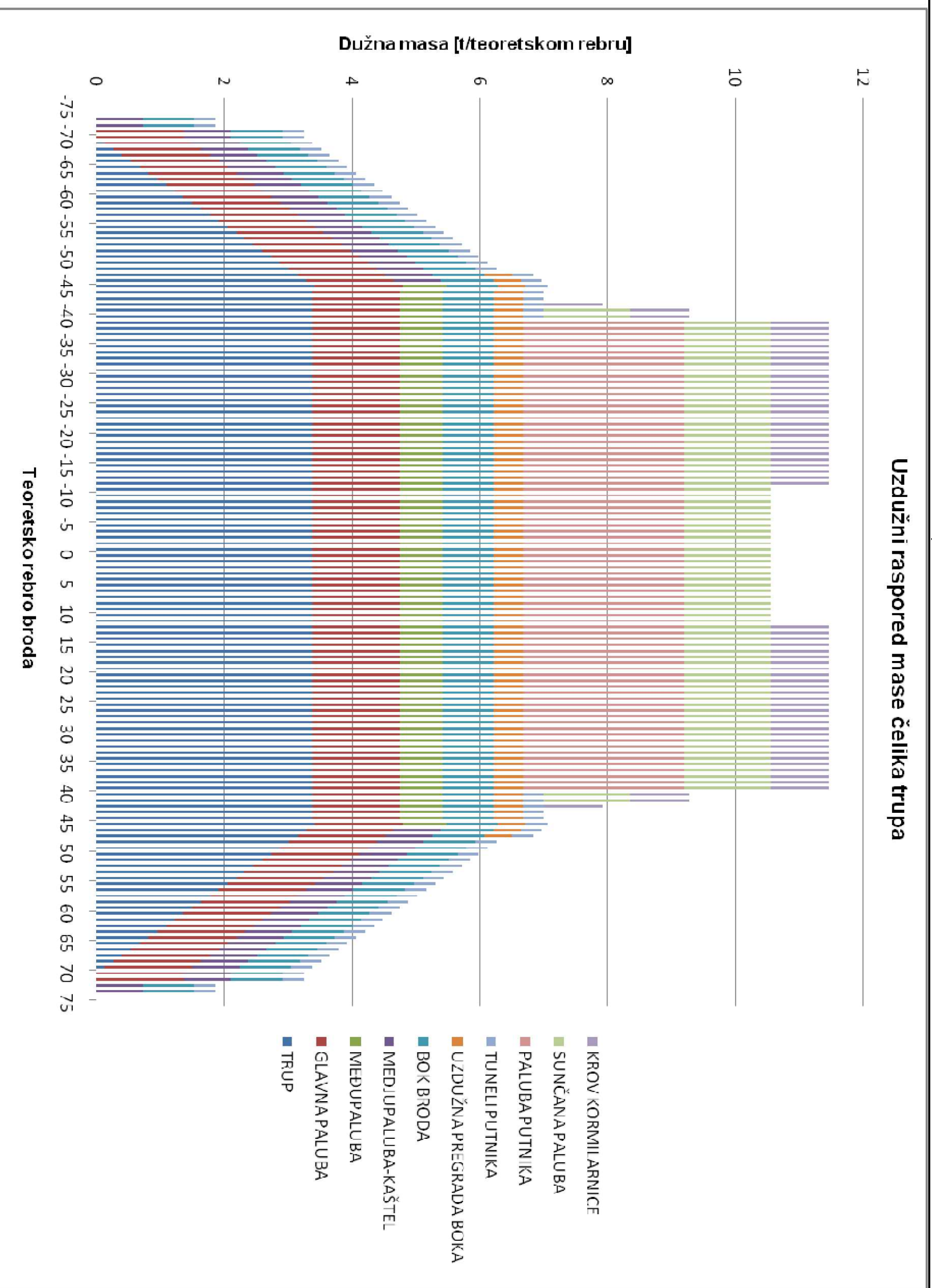
Za proračun momenta savijanja na mirnoj vodi i na valnom brijegu, dolu analiza mase čelika trupa priložena u prethodnoj točki ovog rada je nedovoljna za preciznu analizu, stoga je potrebno masu čelika pojedinih građevnih elemenata trupa rasporediti po samoj dužini broda. Problemu se pristupilo na način da se iz preliminarnih konstrukcijskih nacрта očitavale krajnje koordinate položaja masa određenih građevnih elemenata. Očitane vrijednosti nalaze se u sljedećoj tablici.

Tablica 22: Uzdužni raspored mase čelika trupa

MASA ČELIKA TRUPA				DUŽNA MASA [t/m]
	MASA [t]	POČ. R.	ZAV. R.	
DIO KONSTRUKCIJE				
SUNČANA PALUBA	111	-41	41	1.36
PALIBA PUTNIKA	118	-39	39	1.51
MEĐUPALUBA	62	-46	46	0.67
MEDJUPALUBA-KAŠTEL(simetrija)	40	-73	-46	0.74
GLAVNA PALUBA	196	-71	71	1.38
KROV KORMILARNICE (simetrija)	56	-42	-12	0.93
BOK BRODA	118	-73	73	0.81
UZDUŽNA PREGRADA BOKA	41	-47	47	0.44
UZDUŽNA PREGRADA KAŠTELA (s.)	13	-73	-45	0.24
TUNELI PUTNIKA (simetrija)	22	-73	-40	0.33
TRUP	390	-45	45	3.38

Prikaz u grafičkom obliku nalazi se na sljedećoj stranici. Na apscisi su označena teoretska rebra broda dok je na ordinati nanosena masa u tonama po teoretskom rebru broda (t/0.6 m).

Uzdužni raspored mase čelika trupa



Slika 33: Uzdužni raspored mase čelika trupa

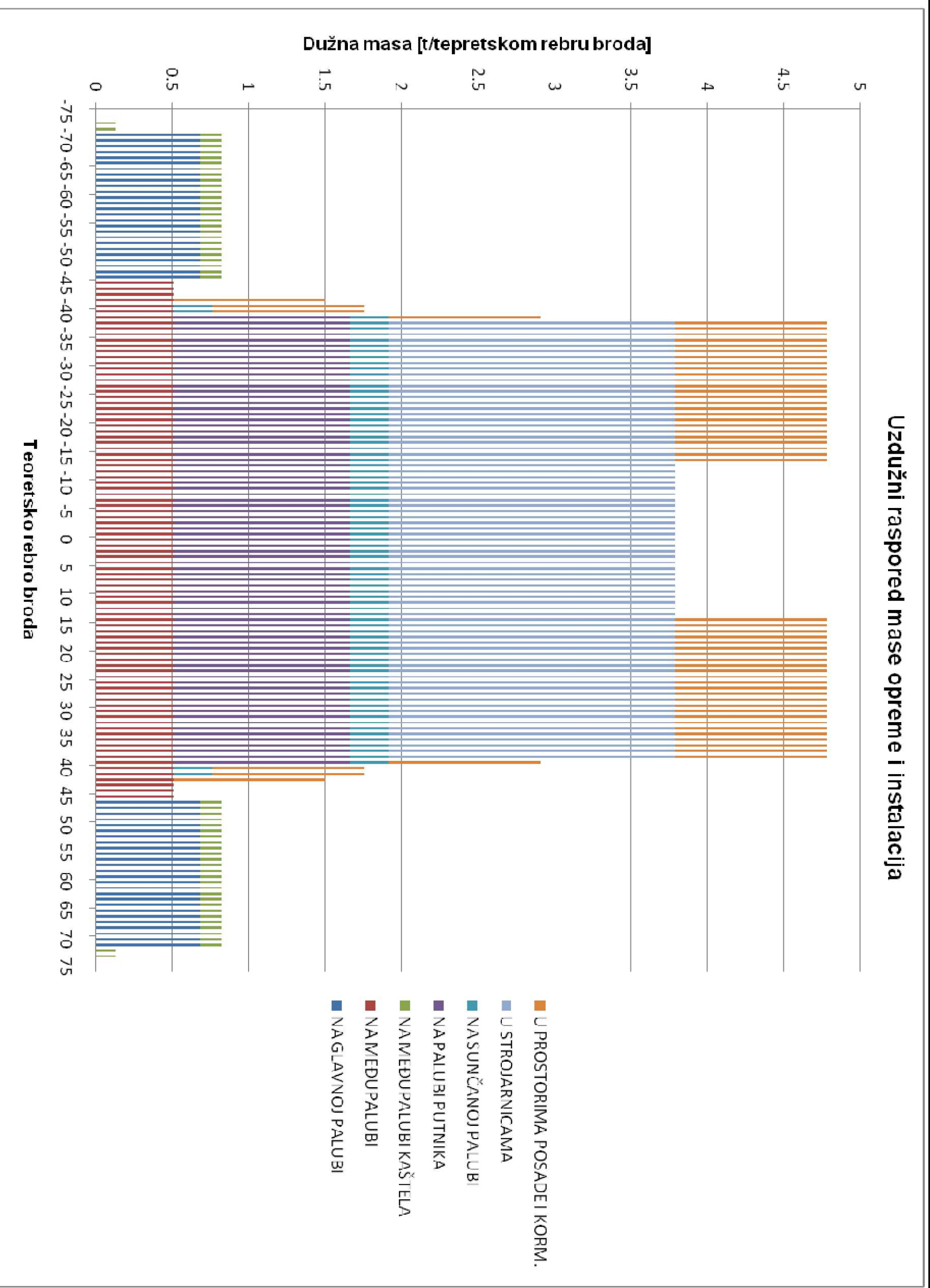
7.4. Uzdužni raspored mase opreme i instalacija

Masa opreme i instalacija obrađena je kao masa čelika u 7.3. ovog rada.

Tablica 23: Uzdužni raspored mase opreme i instalacija

MASA OPREME I INSTALACIJA				DUŽNA MASA [t/m]
DIO OPREME I INSTALACIJA	MASA [t]	POČ. R.	ZAV. R.	
NA GLAVNOJ PALUBI (sim)	34	-71	-46	0.69
NA MEĐUPALUBI	46	-45	45	0.51
NA MEĐUPALUBI KAŠTELA (sim)	7	-73	-46	0.14
NA PALUBI PUTNIKA	90	-39	39	1.16
NA SUNČANOJ PALUBI	21	-41	41	0.25
U PROSTORIMA POSADE I KORM.(sim)	55	-42	-14	0.99
U STROJARNICAMA	142	-38	38	1.87

Uzdužni raspored mase opreme i instalacija



Slika 34: Uzdužni raspored mase opreme i instalacija

7.5. Masa praznog opremljenog broda

Masa lakog opremljenog broda po definiciji jednaka je zbroju mase čelika broda, opreme i minimalnoj količini zalih da se glavni strojevi mogu uputiti. U ovom radu masa lakog opremljenog broda određena je kao zbroj mase čelika trupa i mase opreme. Zbog sigurnosti i zbog mogućih grešaka u analizi mase opreme i čelika zbrojena masa će se uvećati za 10% mase čelika.

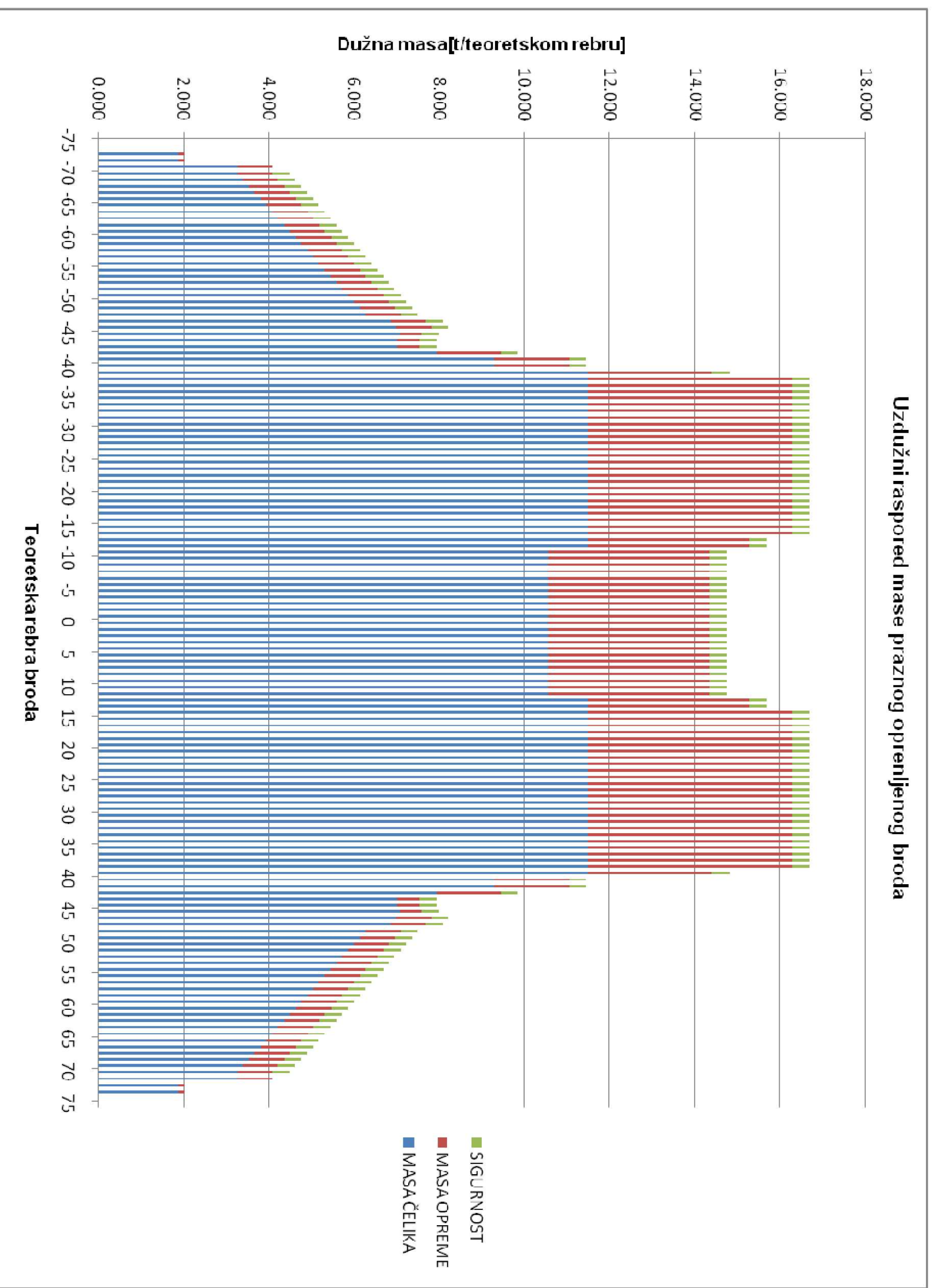
Tablica 24: Masa praznog opremljenog broda

MASA LAKOG OPREMLJENOG BRODA			
	PRORAČUNATA[t]	SIGURNOST	KONAČNA MASA[t]
MASA ČELIKA[T]	1166	0.1	1283
MASA OPREME	397	0	397
		UKUPNO[t]	1679

Uzdužni raspored mase praznog opremljenog broda

Dijagram je konstruiran iz postojećih dijagrama 8 i 9 uz dodanu sigurnost u vrijednosti 10% mase čelika trupa. Uzdužni raspored masa u ovom obliku će biti korišten u daljnjoj razradi projekta.

Uzdružni raspored mase praznog opremljenog broda



Slika 35: Uzdužni raspored mase praznog opremljenog broda

7.6. Masa zaliha

Masa zaliha dijelom je preuzeta od M/B Hrvat (ulje, slatka voda), dok je masa plinskog i dizelskog goriva za pomoćne generatore procijenjena prema preliminarnim potrošnjama plinskih generatora snage 4x1000 KW i potrošnje goriva M/B Hrvat.

Tablica 25: Masa zaliha

ZALIHE	
VRSTA ZALIHA	MASA [t]
PLINSKO GORIVO	56.5
DIESEL GORIVO	8
SLATKA VODA	58
ULJE	6
UKUPNO	128.5

7.8. Masa tereta

Razmatranjem pojedinih stanja krcanja dolazi se do specifičnog stanja krcanja koje u proračunu ima najveću masu ukrcanog tereta.

Tablica 26: Specifično stanje krcanja

VRSTA TERETA	KOMADA	POZICIJA	JED. MASA [t]	MASA [t]
TRAILERA	12	G. PALUBA	40	480
O. AUTOMOBILA	24	G. PALUBA	1.6	38.4
O. AUTOMOBILA	24	M.PALUBA	1.6	38.4
PUTNIKA	800	PALUBA P.	0.1	80
		UKUPNO		636.8

7.9. Istisnina broda

Istisnina broda definirana je zbrojem svih masa koje se nalaze na brodu u eksploataciji. Tako definirana istisnina je ostvariva jedino kad su brodske zalihe pune i kada se nalazi maksimalni broj putnika, trailera i automobila. Jedino „teže“ stanje krcanja je da se na sunčanoj palubi nalazi još 400 putnika (tehnički uvjeti postoje), međutim ono se neće promatrati jer u praksi je gotovo i neostvarivo.

Tablica 27: Istisnina i konačne dimenzije forme broda

ISTISNINA[t]	2445
VOLUMEN[m ³]	2384
L _{wl} [m]	82.8
B[m]	20
T[m]	2.5
C _B	0.576

8. Osnivanje forme broda

8.1. Općenito o formi broda

Osnovna razlika forme double-ended trajekta od konvencionalne forme broda je u tome što je forma dvostruko simetrična (po C.L. i glavnom rebru), također specifičnost je i veliki $B/T=8$.

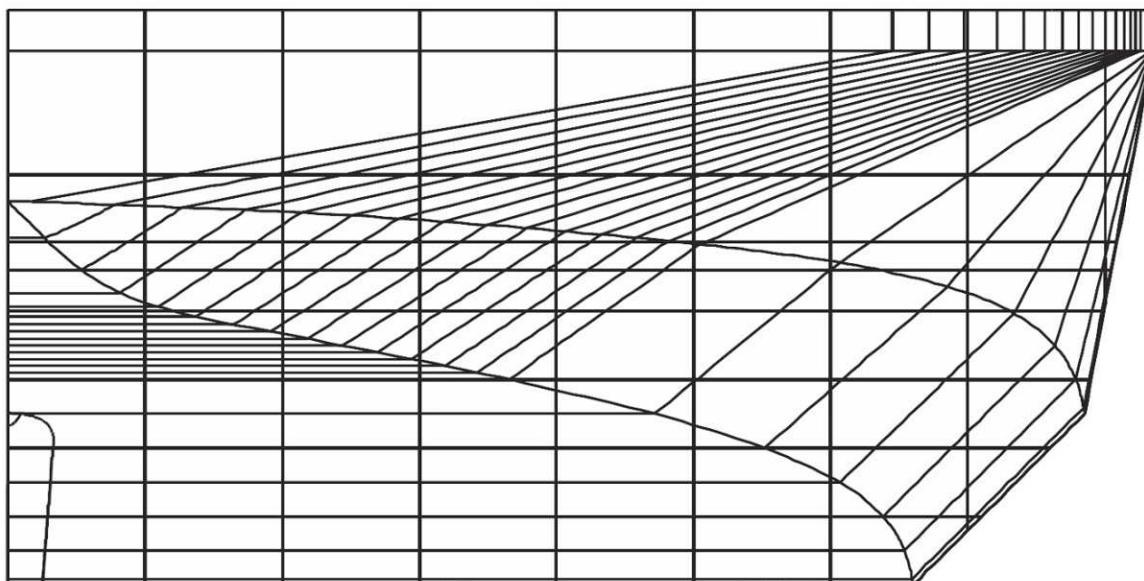
Osnivanje forme bazirano je na formi double-ended trajekta pod imenom „Norwegian standard 2003“ glavnih dimenzija:

$$L_{oa} = 82.2\text{m}$$

$$B = 16.7\text{m}$$

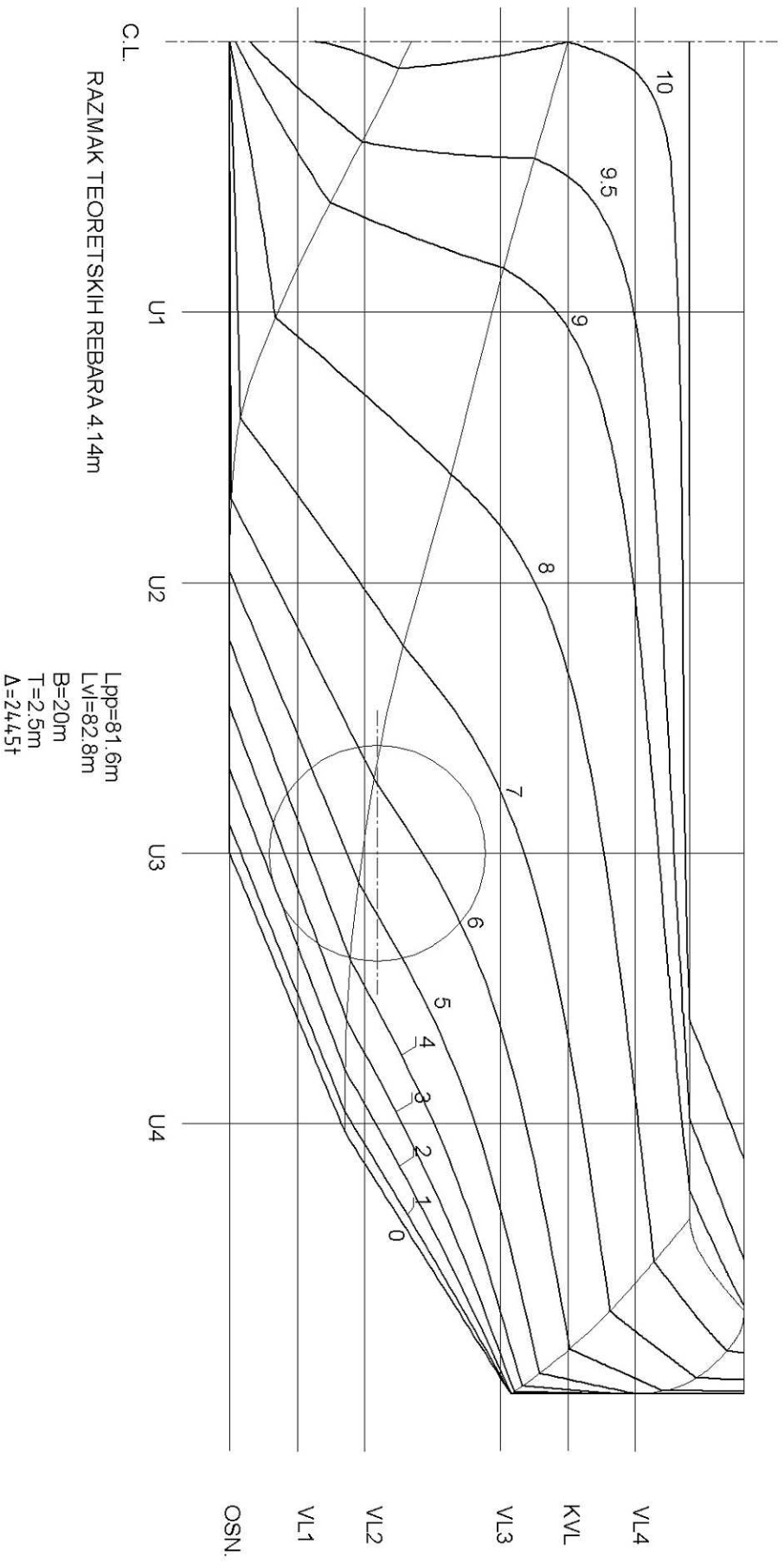
$$T = 2.3\text{m}$$

Značajnije promjene linija broda trebalo je napraviti u području pramca-krme, jer je slična forma predviđena za woith-schneider propeler a forma projekta je četverovijčana forma s azimutnim propelerima.



Slika 36: Pogled na rebra sličnog broda

8.1. Linije projekta



Slika 37: Rebra projekta [S4]

8.2. Hidrostatičke značajke broda na KVL-u

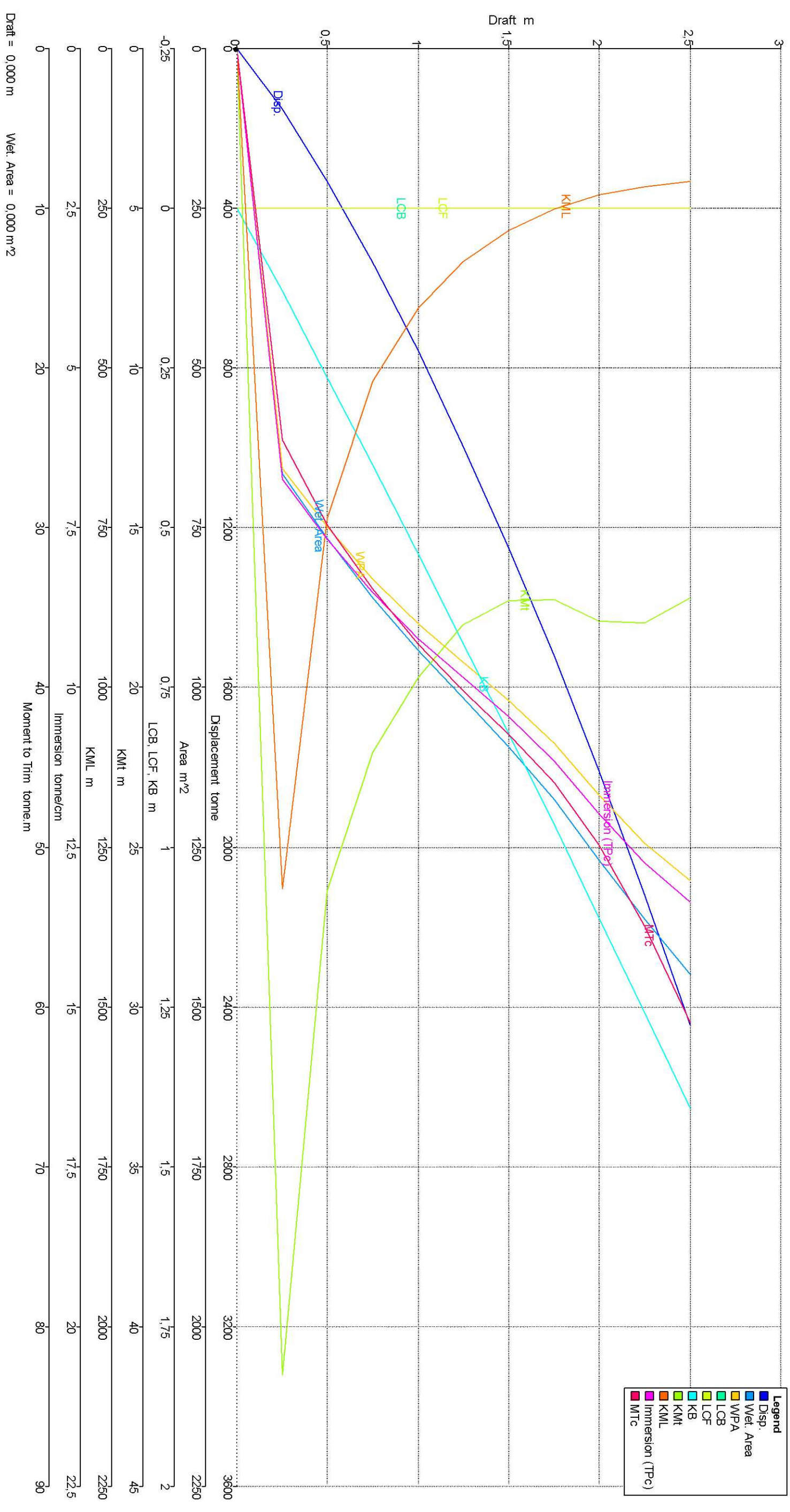
Tablica 28: Hidrostatičke značajke broda na KVL-u [S2]

HIDROSTATIČKE KARAKTERISTIKE KVL		
Displacement	2444.38	tonne
Volume	2384.76	m ³
Draft to Baseline	2.50	m
Immersed depth	2.50	m
Lwl	82.80	m
Beam wl	20.00	m
WSA	1750.82	m ²
Max cross sect area	42.57	m ²
Waterplane area	1302.46	m ²
Cp	0.68	
Cb	0.58	
Cm	0.85	
Cwp	0.79	
LCB from zero pt	0.00	m
LCF from zero pt	0.00	m
KB	1.41	m
KG	0.00	m
BMt	15.80	m
BMI	206.50	m
GMt	17.20	m
GMI	207.91	m
KMt	17.20	m
KMI	207.91	m
Immersion (TPc)	13.35	tonne/cm
MTc	62.28	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	733.90	tonne.m
Precision	Highest	200 st

8.3. Dijagramni list

Tablica 29: Podaci za konstrukciju dijagramnog lista [S2]

Draft [m]	2.5	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0	0.8	0.5	0.3	0.0
Displacement tonne	2445.0	2119.0	1809.0	1520.0	1250.0	996.3	757.9	535.4	333.0	152.5	0.0
Heel to Starboard deg.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	2.5	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0	0.8	0.5	0.3	0.0
Draft at AP m	2.5	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0	0.8	0.5	0.3	0.0
Draft at LCF m	2.5	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0	0.8	0.5	0.3	0.0
Trim (+ve by stern) m	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WL Length m	82.80	83.10	83.40	83.71	84.01	84.02	83.53	83.04	82.32	80.11	61.36
WL Beam m	20.0	20.0	19.7	19.0	18.2	17.4	16.6	15.6	14.4	13.2	0.0
Wetted Area m ²	1448.3	1362.7	1270.3	1175.3	1092.6	1016.7	942.6	859.1	765.7	665.1	0.0
Waterpl. Area m ²	1302.5	1243.3	1168.8	1087.7	1020.0	959.7	900.8	830.4	748.4	657.7	0.0
Prismatic Coeff.	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0
Block Coeff.	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.0
Midship Area Coeff.	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.0
Waterpl. Area Coeff.	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.0
LCB from Amidsh. (+fwd)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LCF from Amidsh. (+ fwd)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
KB m	1.41	1.26	1.11	0.97	0.82	0.68	0.54	0.40	0.26	0.13	0.00
KG m	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37
BMt m	15.80	16.73	16.82	16.30	16.46	17.34	19.13	21.62	26.08	41.38	0.00
BML m	206.51	214.63	228.19	250.20	283.69	332.71	405.36	519.84	734.84	1314.60	0.00
GMT m	12.83	13.62	13.56	12.89	12.91	13.66	15.30	17.65	21.97	37.14	-4.37
GML m	203.55	211.52	224.93	246.79	280.14	329.02	401.53	515.87	730.73	1310.36	-4.37
KMlt m	17.20	17.99	17.93	17.26	17.28	18.03	19.67	22.02	26.34	41.51	0.00
KML m	207.92	215.89	229.30	251.16	284.51	333.39	405.90	520.24	735.10	1314.73	0.00
Immersion (TPc) tonne/cm	13.35	12.75	11.98	11.15	10.46	9.84	9.24	8.51	7.67	6.74	0.00
MTC tonne.m	60.99	54.92	49.85	45.97	42.91	40.17	37.29	33.85	29.82	24.49	0.00
RM at 1deg = GMT. Disp.sin(1) tonne.m	547.6	503.5	427.9	341.9	281.6	237.4	202.4	165.0	127.7	98.9	0.0
Max deck inclination deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Trim angle (+ stern) deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



Slika 38: Dijagramni list

8.4. Analiza savijanja broskog trupa

Analizu savijanja broskog trupa treba provesti direktno i treba ustvrditi da li su realni momenti savijanja broskog trupa manji od momenta savijanja proračunatog u točki 6.11. ovog proračuna [S5].

Uz moment savijanja na mirnoj vodi analizirati će se i moment savijanja na valnom brijegu $L_{vala}=L_{vl}$, $H_{vala}=3m$ (hogging) i moment savijanja u dolu vala istih karakteristika (sagging) [S2] .

$$M_{mirnavoda} = 33990kNm$$

$$M_{hogging} = 85000kNm$$

$$M_{sagging} = 5580kNm$$

Vidljivo je da momenti proračunati u ovom poglavlju ne premašuju momente pretpostavljene prema BV-u (6.11.) koji iznose:

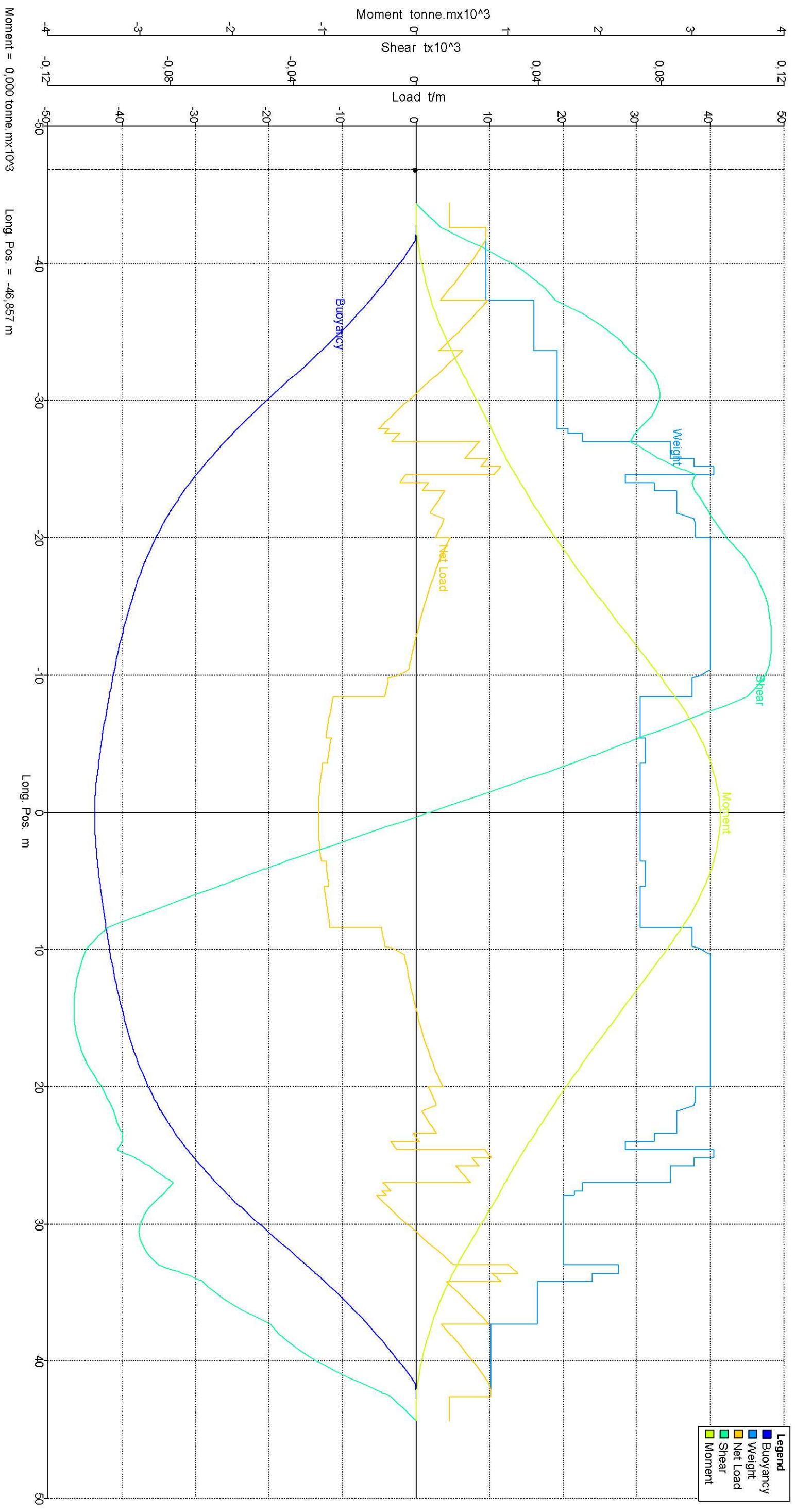
$$M_{mirnavoda} = 103676kNm$$

$$M_{hogging} = 123116kNm$$

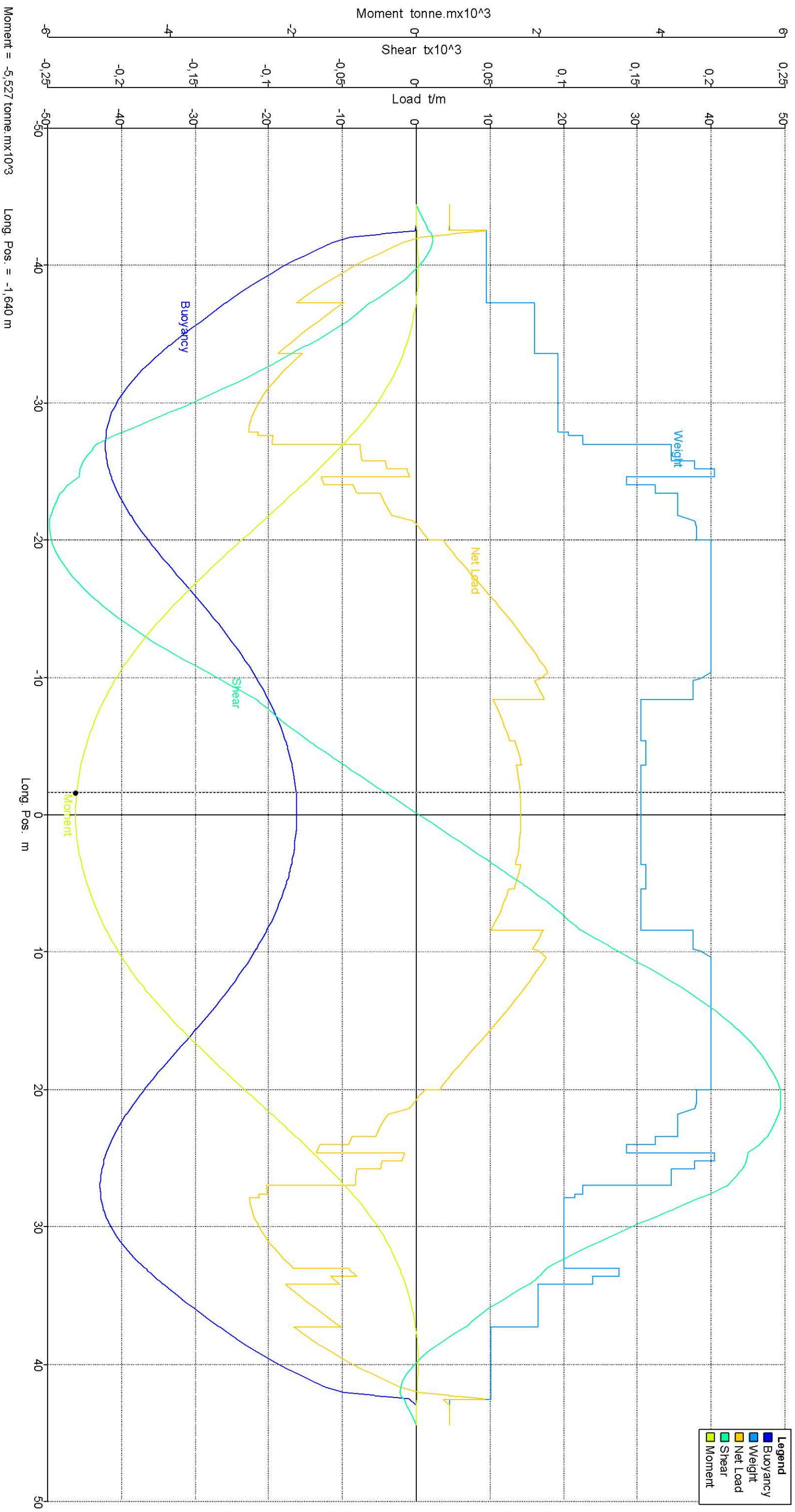
$$M_{sagging} = 142555kNm$$

Prema tome nije potrebno pojačavati konstrukciju, u daljnjoj razradi čelične konstrukcije može se izvršiti preciznija analiza i optimizacija i očekivati moguće uštede materijala.

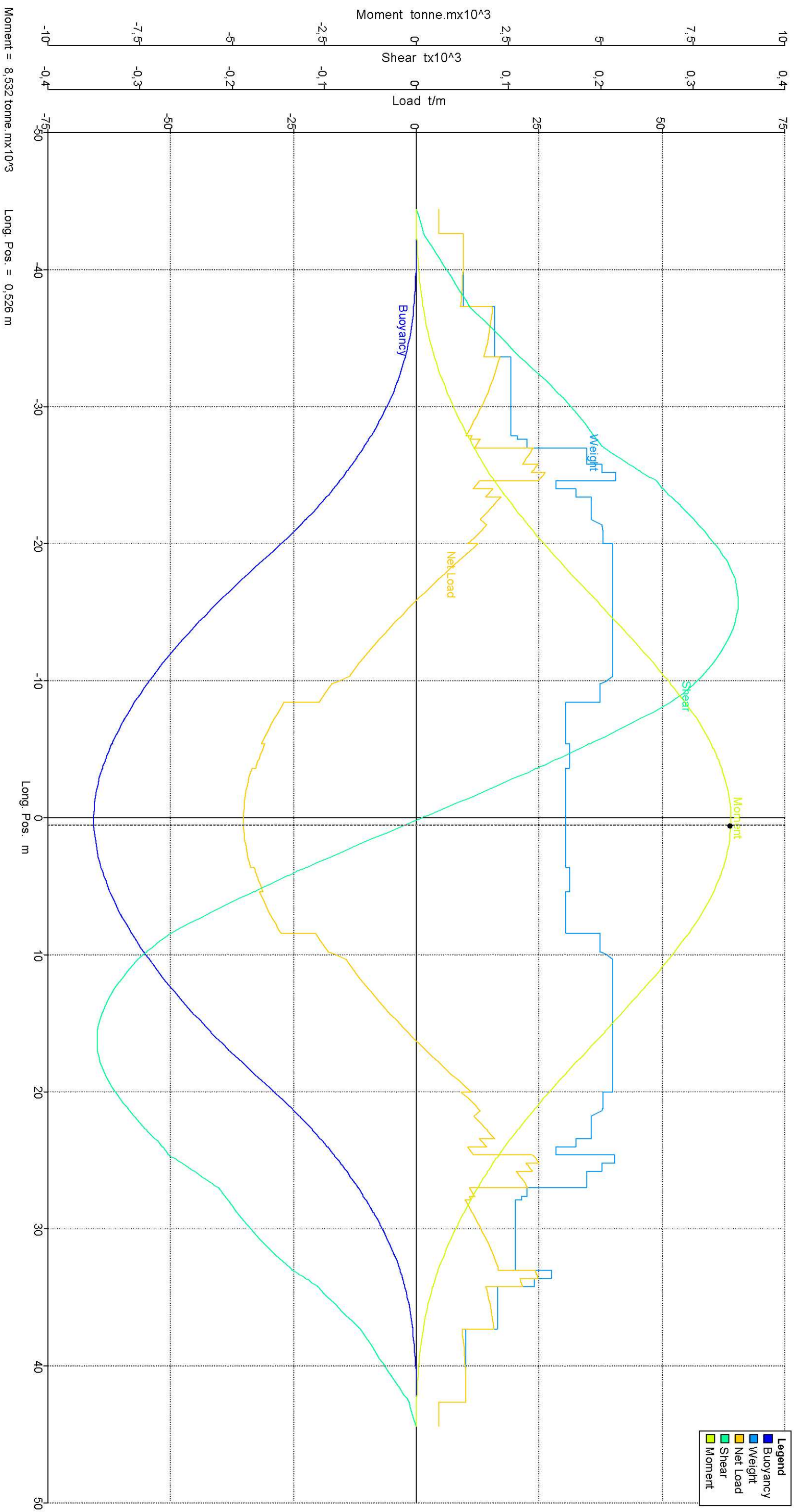
Analiza momenata savijanja i poprečnih sila urađena je u stanju krcanja opisanom u točki 7.8. i sa zalihama od 100%.



Slika 39: Dijagram momenata savijanja i poprečnih sila (mirna voda)



Slika 40: Dijagram momenata savijanja i poprečnih sila broda u valnom dolu (sagging)



Slika 41: Dijagram momenata savijanja i poprečnih sila broda na valnom brijegu (hogging)

9. Propulzija broda

Rast cijene goriva, zbog smanjenja rezervi i velikog povećanja potražnje uvjetovanog naglim industrijskim i ekonomskim razvojem dalekoistočnih zemalja, direktno utječe na povećanje cijene goriva što direktno utječe na troškove goriva u eksploataciji broda. Brodovlasnici, iz tog razloga pri nabavci brodova, veliko značenje pridodaju propulziji broda koja može ako je dobro i smisleno projektirana, donekle učiniti brod rentabilniji unatoč cijeni goriva.

Sagledavajući te probleme, jedno od izuzetno „kvalitetnih“ rješenja se našlo u plino-električnoj propulziji. Shema plino-električne propulzije identična je diesel-električnoj u domeni pretvorbe energije (od vratila generatora do propelera), dok je razlika osjetna u transportu plina od spremnika do generatorskog seta.

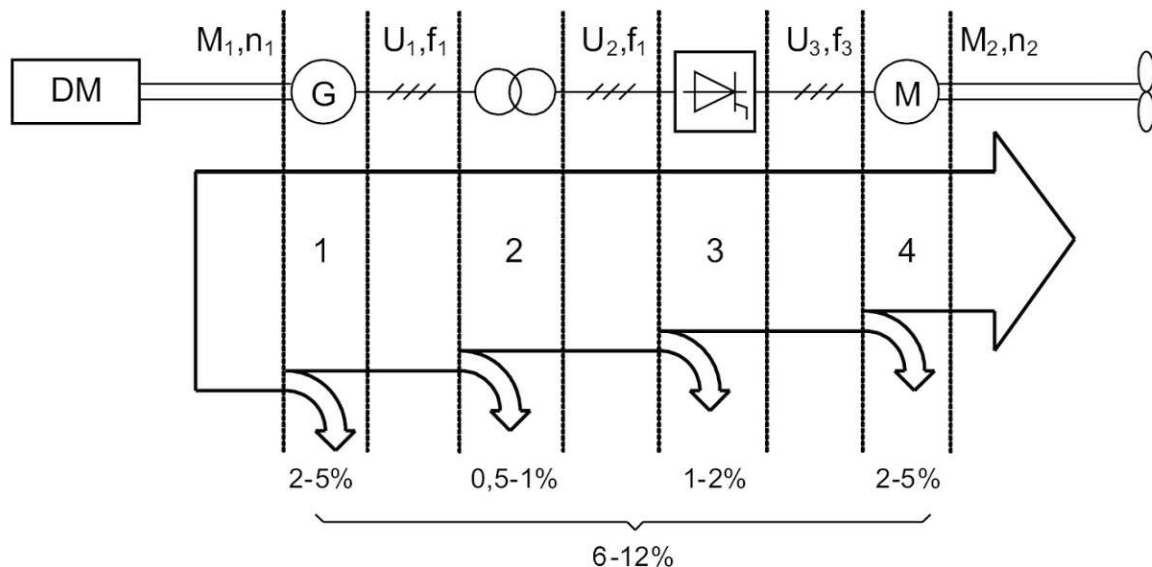
U sljedećem poglavlju razmotriti će se pretvorba energije i utjecaj plino električne propulzije na potrošnju goriva [2].

9.1. Eksploatacijske prednosti električne propulzije

Povijest električne propulzije ima svoje početke krajem 19. stoljeća kada su se počele graditi prve podmornice s potpuno električnom propulzijom napajane iz akumulatorskih baterija. U prva tri desetljeća prošlog stoljeća dizel-električna propulzija imala je velikih prednosti nad diesel-mehaničkom zbog lakšeg prijenosa snage, redukcije broja okretaja i jednostavnog reverziranja (diesel motori tog vremena nisu imali mogućnost prekreta). Otkrićem tiristora i razvojem reguliranih elektromotornih pogona napajanih iz tiristorskih ispravljača 70-tih, odnosno statičkih pretvarača 80-tih godina XX stoljeća omogućili su integraciju brodskog elektroenergetskog sustava, a time i iskorištavanje ukupne instalirane snage pogonskih strojeva za propulziju i ostale potrošače električne energije.

Koncepcija broda s potpuno integriranim elektromagnetskim sustavom (IFEP- Integrated Full Electric Ship), koju karakterizira jedna električna centrala s konstantnom frekvencijom i naponom mreže ta regulacija broja okretaja propulzorskih elektromotora pomoću statičkih pretvarača frekvencije, predstavlja sustav električnog prijenosa snage na brodski vijak s četiri stupnja konverzije

energije. Prva stupanj označava pretvorbu mehaničke energije u električnu, koja se odvija u generatorskom setu, točnije u asinkronim generatorima. Slijedi transformacija napona u propulzijskim transformatorima, a zatim promjena i regulacija frekvencije napona u statičkim pretvaračima (propulzorski pretvarači). Četvrta konverzija je električno mehanička u kaveznim asinkronim elektromotorima propulzijskog sustava. Na sljedećoj slici je prikazana pojednostavljena shema sustava uz pridodane korisnosti pojedine transformacije energije.

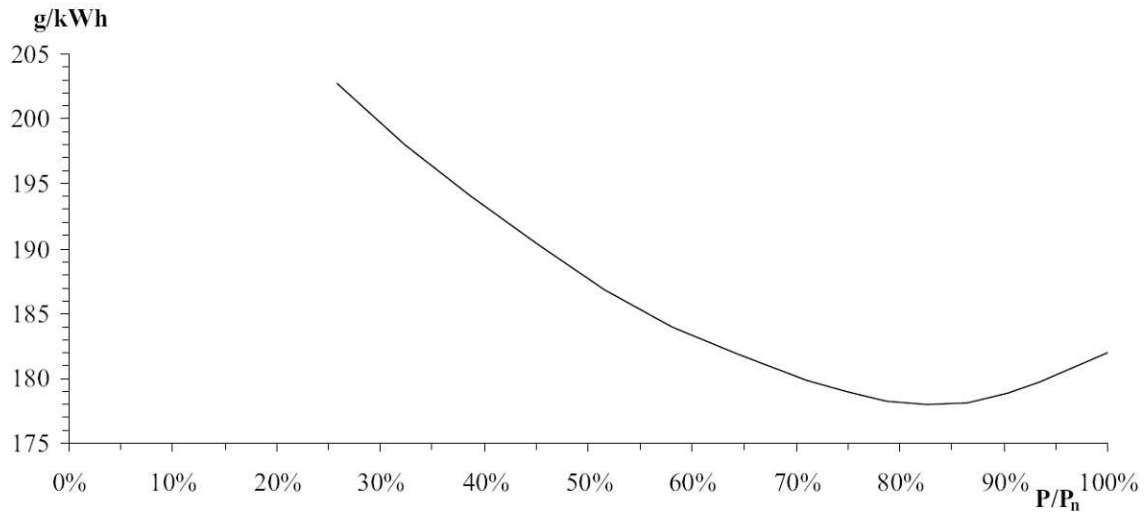


Slika 42: Shema spajanja i bilanca snage elektro-propulzije

Iz slike je vidljivo da je ukupna korisnost kod diesel-električne tj. plino-električne propulzije 0.88 do 0.94, dok je kod klasične diesel-mehaničke propulzije korisnost između 0.96 i 0.98.

Sagledavajući samo ovaj dio propulzijskog sustava diesel-električne, plino-električna propulzija čini se neopravdanim rješenjem, međutim prednost same dizel-električne tj. plino-električne propulzije sadržana je u mogućosti povećanja stupnja korisnosti u samom motoru generatora i brodskog vijka. Posebna prednost se javlja kod instalacije više generatora u samoj strojarnici broda, kada je moguće održavanje optimalnog postotka snage motora (pri kojemu je najmanja specifična potrošnja goriva) u različitim stanjima plovidbe.

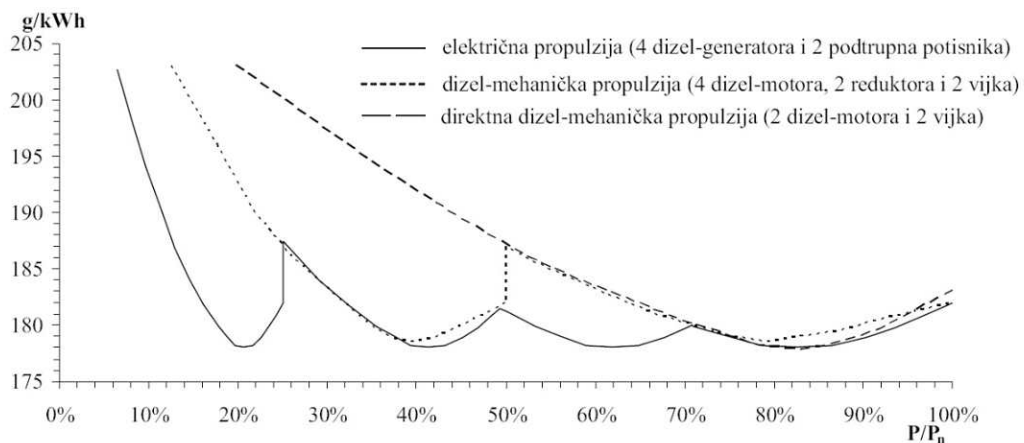
U sljedećoj slici pokazani su okvirni pokazatelji potrošnje goriva motora s unutrašnjim izgaranjem u ovisnosti o opterećenju motora.



Slika 43: Specifična potrošnja goriva dizel motora.

Vidljivo je da se najveća korisnost motora nalazi na oko 80% MCR-a, iz čega proizlazi da se brod, propeler i jedan motor optimalno mogu projektirati samo za jednu brzinu i jedno stanje mora, što je jako teško kod brodova čije vrijeme manevra zauzima veliki postotak ukupnog vremena puta. Projektiranje se dodatno komplicira kod brodova koji ravnopravno mogu ploviti u oba smjera i čiji propulzori i motori pramca i krme ne rade u istim režimima. U takvim se slučajevima može očekivati da električna propulzija bude rentabilnija od klasične dieselske.

Iz navedenog proizlazi da se može konstruirati dijagram usporedbe specifične potrošnje goriva u zavisnosti od ukupne razvijene snage na osovinama dizel-motora.



Slika 44: Usporedba specifične potrošnje goriva

Na dijagramu je vidljivo da električna propulzija (4 dizel-motora, 2 podtrupna potisnika) ima lokalne minimume specifične potrošnje goriva na četiri različite razvijene snage, iz čega proizlazi da je ista vrlo pogodna za ovaj tip broda.

9.2. Plinsko gorivo

Plinsko gorivo kao pokretačko gorivo brodskih propulzijskih sustava počelo se koristiti 1964. godine na brodovima za prijevoz ukapljenog prirodnog plina. Na taj način brodovi nisu morali imati instalirane uređaje za konstantno ukapljivanje plina nego su dio „isparenog“ plina koristili za propulziju broda, uglavnom kao gorivo brodskih kotlova, a dalje parne turbine kao pokretači propelera.

Ostali tipovi brodova, uglavnom trajekti, plinsko gorivo su počeli upotrebljavati početkom 80-tih godina XX stoljeća. Od tada njihov broj ne premašuje 25.

Tablica 30: Brodovi pokretani prirodnim plinom [7]

IME I TIP BRODA	LOKACIJA	GOD	STROJ	GORIVO
“Accolade II” Bulk carrier	Adelaide, Australia	1982	Dual Fuel 2 engines	CNG
“Klatawa” Car/passenger ferry, 26 cars, 146 passengers	Vancouver, Canada	1985	Dual Fuel 2 engines	CNG
“Kulleet” Car/passenger ferry 26 cars, 146 passengers	Vancouver, Canada	1988	Dual Fuel 2 engines	CNG
Canal boat	Amsterdam, Netherlands	1992	Dual Fuel 1 engine	CNG
Canal boat	Amsterdam, Netherlands	1994	Dual Fuel 1 engine	CNG
Tourist boat	St. Petersburg, Russia	1994	Dual Fuel 2 engine	CNG
Tourist boat	Moscow	1999	Dual Fuel 2 engines	CNG
“Elisabeth River I”, Passenger ferry, 149 passengers	Norfolk, Virginia, USA	1995	Gas engine 2 engines	CNG
“Glutra” Car/passenger 100 cars, 300 passengers	Molde, Norway	2000	Gas engine 4 gen. sets	LNG
Bergensfjord Car/passenger 198 cars, 540 passengers	Norway	2006	Gas engine 2 gen. sets	LNG
LMG E39-212 Car/passenger 212 cars 600 passengers	Norway	2006	Gas engine 2 gen. sets	LNG
Moldefjord Car/passenger 125 cars 390 passengers	Norway	*2009	Gas engine 2 gen. sets	LNG

Najviše iskustva u brodovima pokretanima na plin ima Kanada. Godine 1985. trajekt Klatawa (izgrađen 1982.) preradili su na plinsko gorivo. Kako izvorno pogonsko gorivo nije bio na plin, na palubi trajekta su ugrađena dva spremnika plina koja su snabdijevala dva Motora Caterpillar 3406-B. Najveći problem predstavljao je mali volumen spremnika pa su brod morali snabdijevati gorivom dva puta dnevno. Ekonomskom analizom zaključeno je da se početno ulaganje može vratiti nakon 8 godina eksploatacije.

Neovisno od gore spomenutog primjera trajektna kompanija MRF, u posljednjih 10 godina, počinje razvijati prvi projekt trajekta s plino-električnom propulzijom, u isto vrijeme suočavajući se s izazovom zbog nepostojanja potrebne klasifikacijske dokumentacije za izradu istih. U konačnici cijena je bila 10% viša od istog broda s diesel-električnom propulzijom. Odmah po izgradnji tog broda gradi se i sestrinski brod, a do danas su realizirana još dva različita projekta sa svojim sestrinskim brodovima, dok je treći trajekt „Moldefjord“ još u procesu gradnje [7].

9.2.1. Sigurnosni zahtjevi za gradnju broda s plinskom propulzijom

Nacrt klasifikacijskih dokumenata za gradnju ovog tipa broda donesen je 1994. godine od DNV-a, dok su zakoni završeni 2000. godine odnosno tri godine nakon početka samog projekta [7].

Osnovni zahtjevi za projektiranje i gradnju putničkog broda pogonjenog plinom:

- Projekt se mora izvesti tako da se minimalizira eksplozija: minimaliziranjem prostora u kojima se nalaze cjevovodi plina, te projektiranjem manjih strojarnice.
- Redundancija spremnika plina, generatorski-setovi kao dio propulzijskog sustava.
- Odvajanje strojeva u najmanje dvije strojarnice fizički odvojene od prostorije sa plinskim spremnikom.
- Dvostruka armatura plinskih cjevovoda
- U slučaju požara ili eksplozije brod mora biti sposoban doći vlastitim pogonom u luku.

- U svim prostorima u području stroja i plinskih spremnika trebaju biti postavljeni alarmi koji alarmiraju kada udio plina dosegne 20% udjela plina od minimalne koncentracije za eksploziju, dok na 60% slijedi zatvaranje svih ventila i cjevovoda.
- Postotak kapljevine u spremniku plina do 85%.

9.3. Osnivanje brodske strojarnice

Budući da je projekt osnivanja trajekta direktno vezan za trajektne rute definirane u 3. točki ovog rada, a u samom sustavu propulzije uvedene su promjene, ideja je projektirati takav propulzijski sustav koji će biti rentabilniji od najnovijih brodova koji danas plove na tim rutama. Kao najnoviji i najbolji brod danas izdvojen je M/B Hrvat u službi Jadrolinije. Osnovni ograničavajući faktor u odabiru instalirane snage na projektu bit će potrošnja goriva pretvorena u kn/h plovidbe broda pri 100% MCR-a koja ne smije preći realnu potrošnju goriva (kn/h) M/B Hrvat. Izborom ovakvog ograničavajućeg faktora u samom strtu osnivanja strojarnice odbacili smo moguća loša rješenja, odnosno rješenja koja mogu rezultirati nerantabilnošću samog projekta.

9.3.1. Procjena potrošnje goriva M/B Hrvat

Procjena potrošnje goriva M/B Hrvat bit će učinjena prema podacima proizvođača o specifičnoj potrošnji goriva za instalirane motore. Potrošnja goriva biti će proračunata pri 100% MCR-a i maksimalnoj brzini od 12.3 čv.

Instalirani motori: 4xCatepillar 3412E

Snaga motora: 4x 403 bkW (540 bhp) 548 mhp pri 1800 o/min

Specifična potrošnja goriva: 105.8 l/h-jedan motor

Ukupna potrošnja goriva: 423.2 l/h

MGO cijena: 1250 \$/t

MGO cijena: 5800 kn/t

MGO cijena: 4.87 kn/L

Ukupna potrošnja pri 100% MCR: 2060 KN/h

9.3.2. Procjena maksimalne instalirane generatorske snage

Ukupna potrošnja generatorskog seta pri 100% MCR ne smije preći vrijednost od 2060 kn/h da bi projekt bio rentabilan. Preliminarni proračun maksimalne instalirane snage, odnosno ukupne potrošnje goriva bazirati će se na podacima proizvođača i trenutnoj cijeni propan-butan goriva koja iznosi 2.88 kn/kg

Pretpostavljeni instalirani generatori: Catepillar G3515

Snaga generatorskog seta (continuos rating): 820 kW

Specifična potrošnja goriva: 5567.4 kJ/kW-h

Donja ogrijevna moć goriva (UNP): 46152kJ/kg

UNP cijena:2.88 kn/kg

Max potrošnja goriva po satu: 715 kg - iz pretpostavke rentabilnosti

Maksimalna instalirana snaga: 5927 kW

Maksimalna instalirana snaga (5927kW) je snaga pri kojoj bi cijena eksploatacije broda u vremenu bila jednaka trenutno instaliranoj snazi na M/B Hrvat (1212 KW).

9.3.3. Pogonsko gorivo

Analizirajući brodove iz točke 9.3. ovog rada vidljivo je da su pogonska goriva svih brodova (CNG ili LNG)- prirodni plin. Analizom je utvrđeno da je u norveška flota trajekata bila isključivo pokretana dieselskim gorivom. Međutim kad je korporacija Satoil u partnerstvu s grupom Conco otvorila rafineriju i počela prirodnim plinom opskrbljivati obalu otvorila se mogućnost korištenja prirodnog plina kao pogonskog goriva trajekata.

Gledajući s aspekta Hrvatske, koja je izrazito bogata naftnim plinom (UNP - mješavina propan-butan), a koji je vrlo dobrih karakteristika za sagorijevanje u motorima s unutrašnjim izgaranjem i česte je upotrebe u generatorskim setovima na kopnu, razmotrena je mogućnost ugradnje takvog generatorskog sustava u projekt. Pravila koja vrijede za LNG i CNG sustav vrijede i za UNP odnosno LPG sustav.

Problem koji se javio pri razmatranju UNP sustava jest nedostatak generatorskih jedinica potrebnih snaga za sustav goriva naftnim plinom. Međutim na tržištu postoje proizvođači generatorskih setova potrebnih snaga za instalaciju na kopnu u raznim postrojenjima. Jedan od takvih proizvođača je Caterpillar koji posjeduje veliku paletu brodskih motora sličnih karakteristika i zajedničkih elemenata, te je za očekivati da se i generatorski setovi također mogu marinizirati. U točki 9.3.2. procjena je bazirana na generatorskom setu za industrijsku upotrebu.

9.4. Otpor broda

Analiza otpora broda učinjena je prema metodi Holtrop 1984 i dobiveni su sljedeći rezultati:

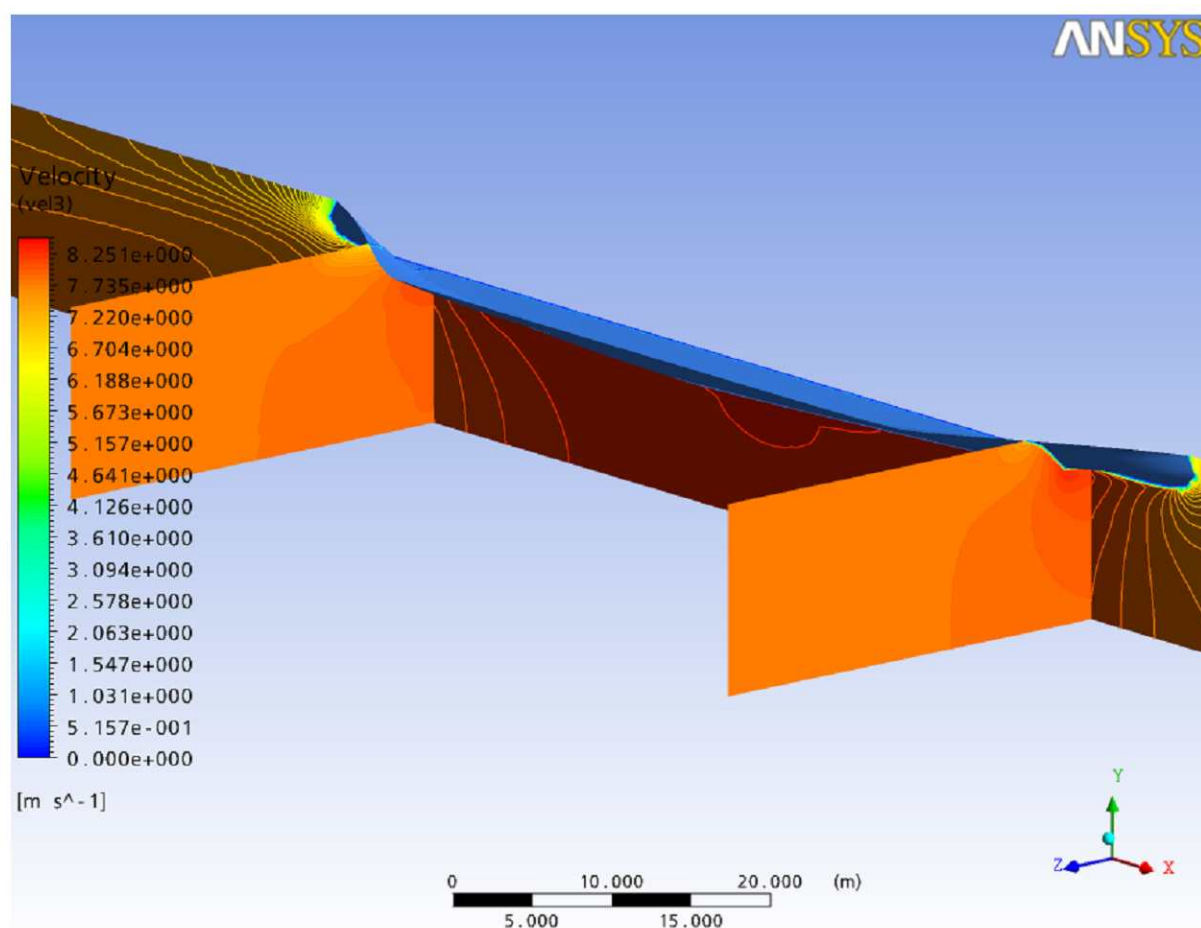
Tablica 31: Snaga otpora broda

Otpor broda		
v[čv]	R[N]	P[KW]
10	74588	383.7
11	92077	521.1
12	113585	701.2
13	140792	941.6
14	173380	1248.7
15	214043	1651.7
16	273577	2251.8
17	347189	3036.4
18	411572	3811.2

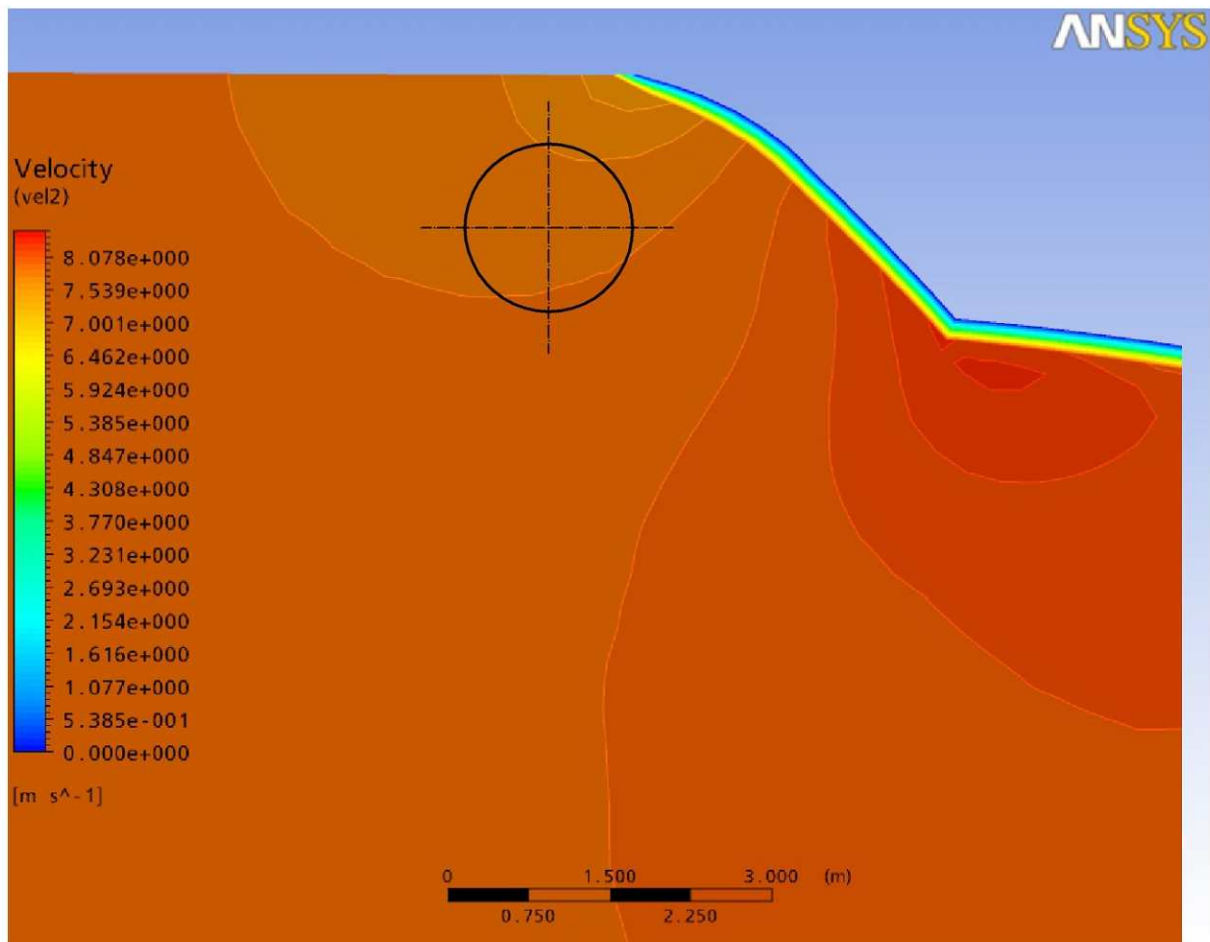
9.5. Utjecaj trupa

Zbog specifičnosti propulzijskog sustava (dva pramčana i dva krmena azimutna propelera) nametnuo se problem različitog utjecaja trupa, odnosno različite vrijednosti sustrujanja na pramčanim i krmenim propelerima.

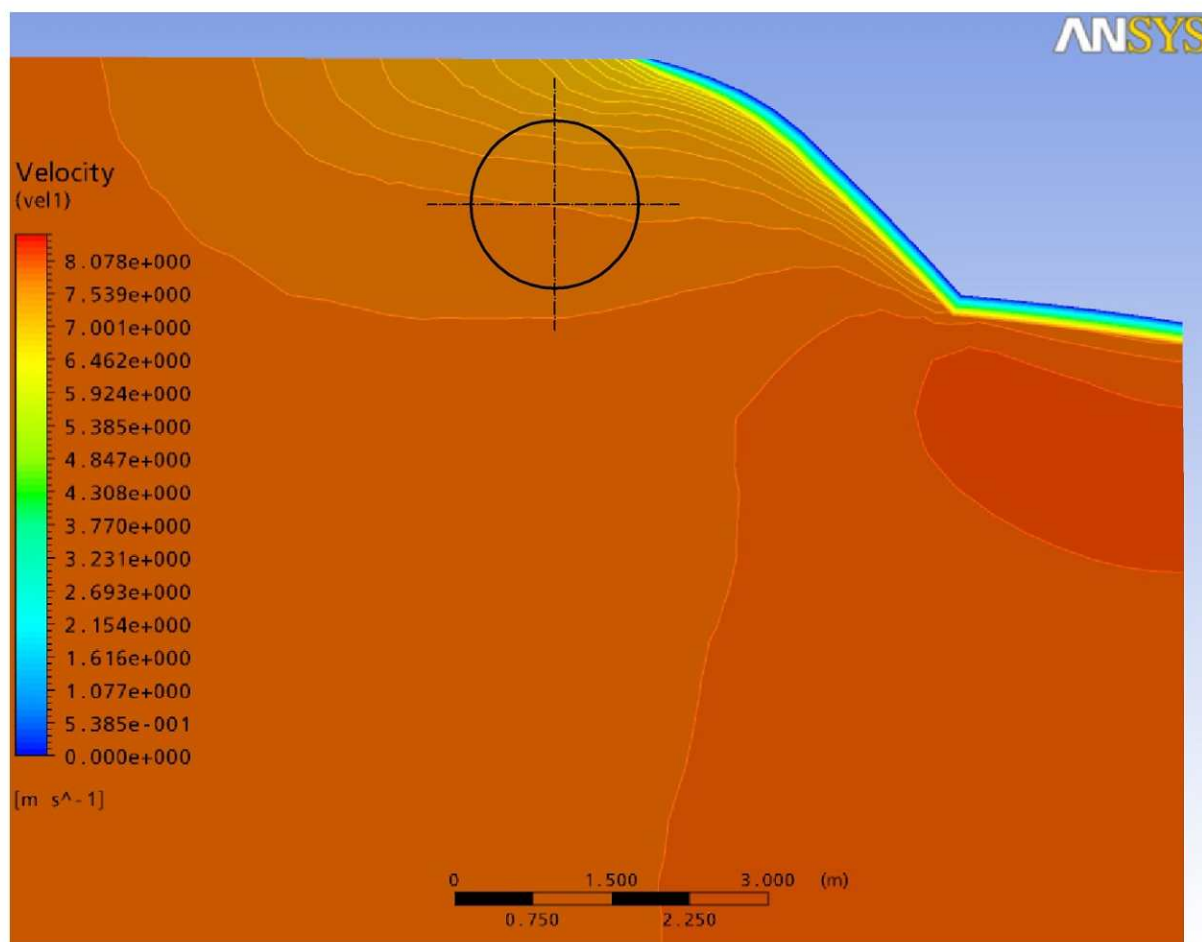
Analiza utjecaja trupa napravljena je metodom konačnih volumena dvostruko simetričnog modela. Brzina broda je 15 čv, a kontrolne ravnine nalaze se na teoretskom rebro gdje je u projektu postavljen propeler, ocrtane kružnice na poziciji diska propelera.



Slika 45: Prostorni prikaz postavljenih kontrolnih ravnina [S7]



Slika 46: Grafički prikaz brzina u ravnini pramčanog propelera [S7]



Slika 47: Grafički prikaz brzina u ravni krmnog propelera [S7]

Kao je bilo i za pretpostaviti, zbog velikog zazora između diska propelera i trupa i zbog dvovijčane forme utjecaj trupa na pramčane i krmene propelere je minimalan.

U daljnjem razmatranju propulzije vrijednosti sustrujanja i upijanja biti će određeni iskustveno i vrijednosti će biti jednake za pramčane i krmene propelere.

9.6. Odabir generatorskog seta i pogonske grupe

9.6.1. Generatorski set

Za pogon trajekta odabran je sljedeći generatorski set: 4xCatepillar G3515 , 820 kW, pogonjena UNP. Po dva generatora će biti instalirana u istoj strojarnici od rebra #2 do rebra #14 i druga strojarnica simetrično na rebro #0 strojarnice će biti odvojene praznim prostorom od rebra #-2 do #2 gdje će biti instalirana transformatorska stanica.

9.6.2. Propulzijski uređaji

Za propulziju su predviđena četiri azimutna propelera proizvođača Thrustmaster-TH100ML nazivne snage 850 -1250KW pogonjena kavezim elektro motorom Siemens-SH 560H6A i nazivne snage 1250KW i 966 O/min.

9.7. Konstrukcija prognoznog dijagrama

Proučavanjem raznih studija otpora i propulzije double-ended trajekata najbolje iskoristivosti propulzora se pokazuju pri omjeru snage 80-20% u koristi za krmene propulzore. (Ta mogućnost se također otvara samo kod instalirane električne propulzije.)Također se navodi da su ukupni gubici 7%.

Prognozi dijagram biti će konstruiran na način da se ukupna snaga otpora broda podjeli u omjeru 80-20% u korist krmelih propelera i odvojeno promatraju krmeni i pramčani propeleri.

U nastavku se nalaze prognozne tablice krme i pramca.

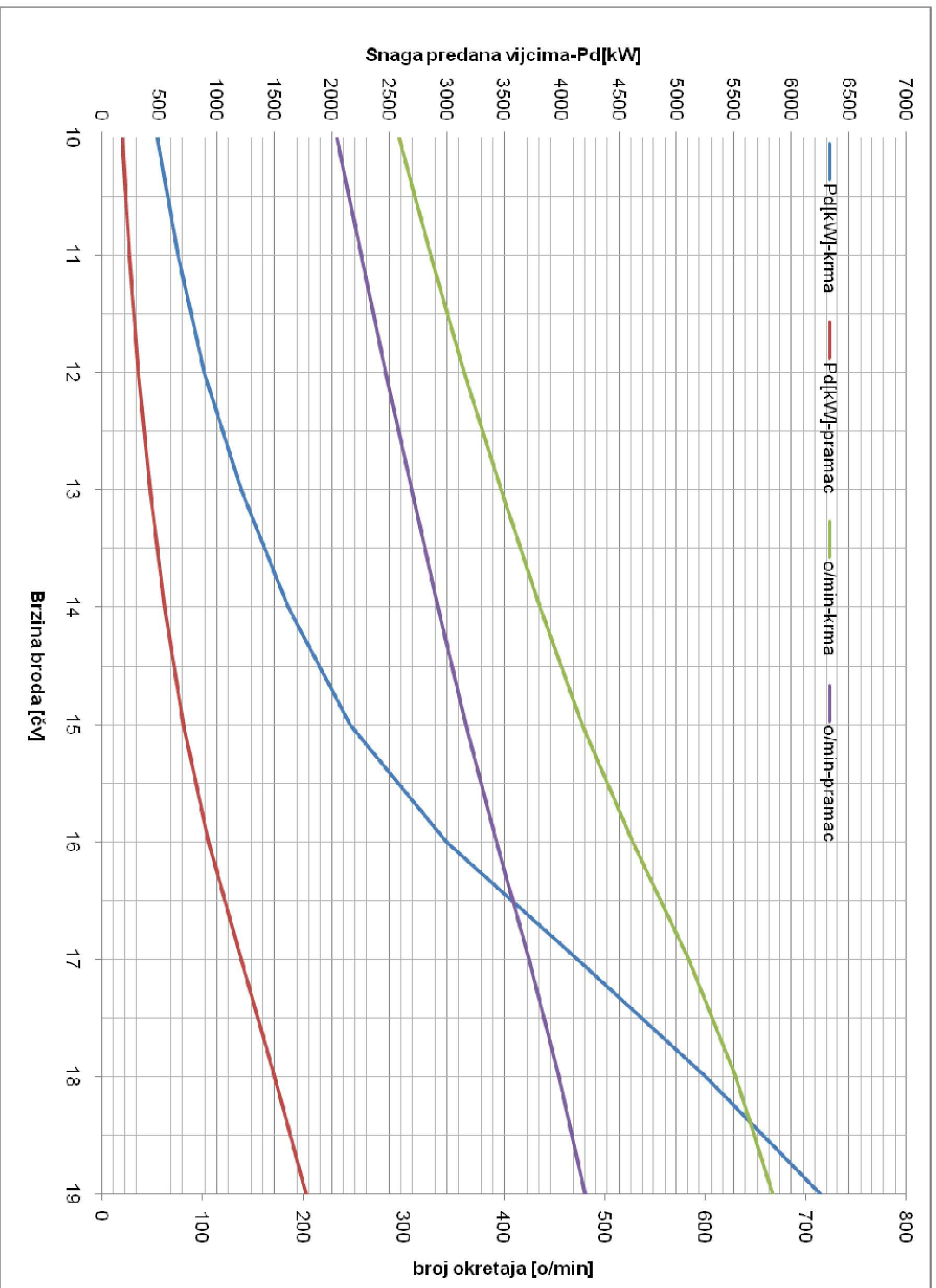
Tablica 32: Prognozna tablica- krma

Prognozna tablica -krma						
v[čv]	0.8P[KW]	HULeff	prop eff	prop rpm	Pd/prop	Pd[KW]
10	274	0.9963	0.5708	295.8	245	489
11	373	0.9961	0.571	327.3	333	666
12	503	0.996	0.5713	360.8	450	900
13	680	0.9958	0.5712	397.3	608	1215
14	907	0.9957	0.5704	435.7	812	1624
15	1208	0.9956	0.5687	477.5	1085	2170
16	1663	0.9954	0.5643	528.5	1506	3011
17	2263	0.9953	0.5579	583.8	2073	4146
18	2852	0.9952	0.5543	629.9	2629	5259
19	3388	0.9951	0.5537	667.1	3128	6255

Tablica 33: Prognozna tablica-pramac

Prognozna tablica -pramac						
v[čv]	0.2P[KW]	HULeff	prop eff	prop rpm	Pd/prop	Pd[KW]
10	77	0.9963	0.4313	234.1	91	182
11	104	0.9961	0.4346	258.1	122	244
12	140	0.996	0.4412	282.8	162	324
13	188	0.9958	0.4512	308.5	213	426
14	250	0.9957	0.4618	334.9	276	552
15	330	0.9956	0.4741	362.4	356	712
16	450	0.9954	0.4927	393.3	467	934
17	607	0.9953	0.5098	425.7	609	1217
18	762	0.9952	0.5173	455	753	1506
19	904	0.9951	0.5184	481	891	1782

Konstrukcijom krivulja snage i broja okretaja krmernih i pramčanih propelera (prognozni dijagram) možemo očitati snagu koju je potrebno predati vijcima za određenu brzinu. [S6]



Slika 48: Prognozni dijagram broda

Konstrukcija prognoznog dijagrama napravljena je s propelerom serije Kaplan 19A (serije za rad u mlaznicama):

Glavne značajke propelera:

$$D = 1.6\text{m}$$

$$A / A_0 = 0.68$$

Brojkrila : 4

$$P = 1.55\text{m}$$

Glavne značajke azimutnog propulzora: prijenosni omjer jednak 1.82

Ako se pretpostave gubici u elektro propulzijskom sustavu od 7% slijedi tablica potrebne generatorske snage za određenu brzinu broda.

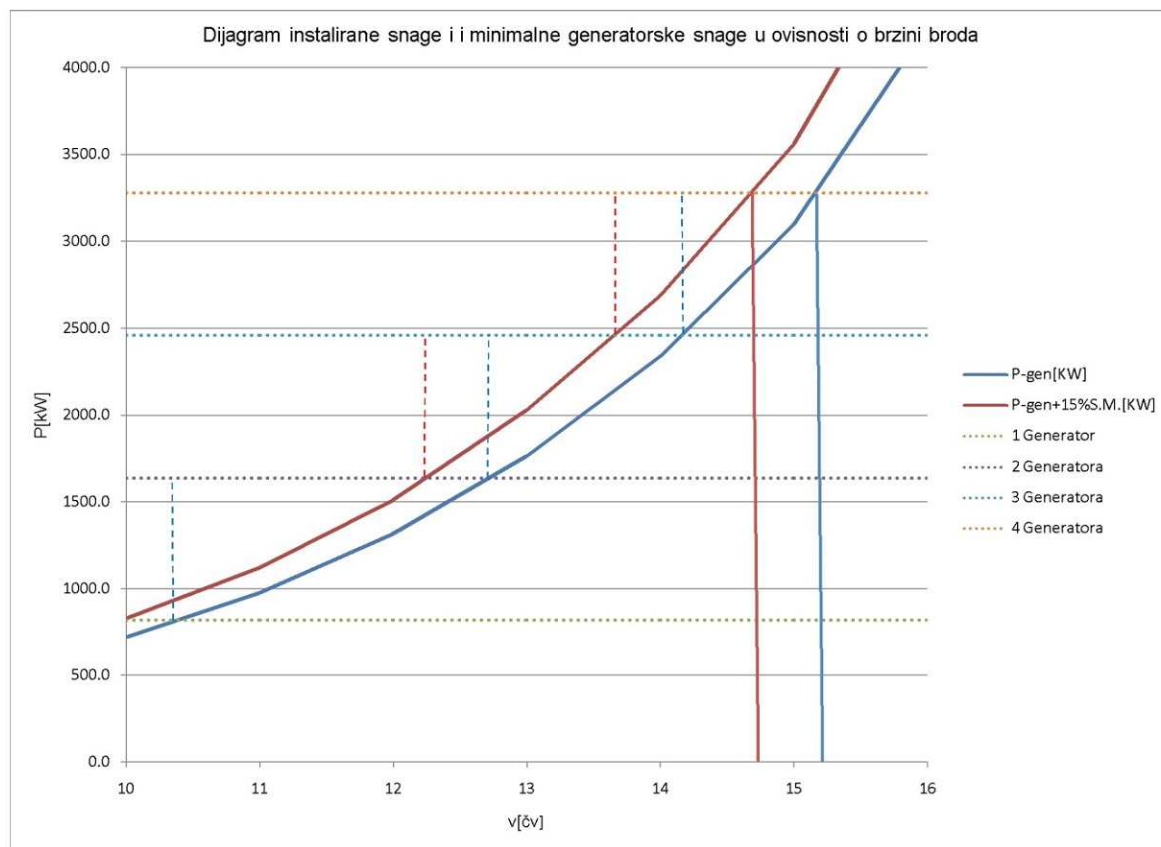
Tablica 34: Dijagram potrebne generatorske snage

v[čv]	0.2P[KW]	0.8P[KW]	P[KW]	P-gen[KW]
10	182	489	671	721.5
11	244	666	910	978.5
12	324	900	1224	1316.1
13	426	1215	1641	1764.5
14	552	1624	2176	2339.8
15	712	2170	2882	3098.9
16	934	3011	3945	4241.9
17	1217	4146	5363	5766.7
18	1506	5259	6765	7274.2
19	1782	6255	8037	8641.9

Mogu se također pokazati okrugle brzine u karakterističnim stanjima rada generatora i postotci potrebe snage kroz raspoloživu snagu (Sea Margin).

Tablica 35: Raspoloživa snaga u različitim režimima

v[čv]	P-gen[KW]	Broj generatora	Sea Margin%
10	721.5	1	12
11	978.5	2	40
12	1316.1	2	20
13	1764.5	3	28
14	2339.8	3	5
15	3098.9	4	6



Slika 49: Ovisnost potrebne generatorske snage o brzini broda i instalirane snage u različitim režimima rada generatora

Iz dijagrama se također može očitati da je maksimalna brzina broda 15.2 čv, dok je maksimalna projektna brzina pri „Sea margin-u“ od 15% jednaka 14.7 čv.

10. Stabilitet broda

Stabilitet broda ispitan je u šest osnovnih stanja krcanja koja se mogu očekivati u eksploataciji broda. Prva četiri stanja krcanja odnose se na nakrcan brod (vozila i putnici), dok se zadnja dva odnose na prazan brod [S2].

- **Prvo stanje krcanja**

12 trailera, 48 automobila, 800 putnika i 100% zaliha (S.K. - 1) (tablica 36)

- **Drugo stanje krcanja**

12 trailera, 48 automobila, 800 putnika i 10% zaliha (S.K. - 2) (tablica 36)

- **Treće stanje krcanja**

160 automobila, 1200 putnika i 100% zaliha (S.K. - 3) (tablica 37)

- **Četvrto stanje krcanja**

160 automobila, 1200 putnika i 10% zaliha (S.K. - 4) (tablica 37)

- **Peto stanje krcanja**

Prazan brod 100 zaliha (S.K. - 5)

- **Šesto stanje krcanja**

Prazan bord 10% zaliha u balastu (S.K. - 6)

Za sva navedena stanja krcanja provjereni su uvjeti stabiliteta koje mora zadovoljiti brod u službi, a propisani su IMO pravilima.

Tablica 36: Prvo stanje krcanja (12 trailera) i centracija vozila i putnika

1. STANJE KRCANJA			
VRSTA TERETA	KOMADA	POZICIJA	JED. MASA [t]
TRAILERA	12	GLAVNA PALUBA	40
OSOBNA AUTOMOBILA	24	GLAVNA PALUBA	1.6
OSOBNA AUTOMOBILA	24	MEDUPALUBA	1.6
PUTNIKA	800	PALUBA PUTNIKA	0.1
CENTRACIJA TRAILERA			
KOMADA	MASA[t]	POZICIJA	Z[m]
6	40	2.8m A.B.	5.2
6	40	3.4m A.B.	5.8
UKUPNA MASA[t]/TEŽIŠTE	480		5.5
CENTRACIJA AUTOMOBILA			
KOMADA	MASA[t]	POZICIJA	Z[m]
24	1.6	2.8m A.B.	3.9
24	1.6	5.3m A.B.	6.4
UKUPNA MASA[t]/TEŽIŠTE	76.8		5.15
CENTRACIJA PUTNIKA			
KOMADA	MASA[t]	POZICIJA	Z[m]
700	0.1	8.1m A.B.	9.1
100	0.1	10.55m A.B.	11.55
UKUPNA MASA[t]/TEŽIŠTE	80		9.41

Tablica 37: Drugo stanje krcanja i centracija vozila i putnika

2.STANJE KRCANJA				
VRSTA TERETA	KOMADA	POZICIJA	JED. MASA [t]	
OSOBNI AUTOMOBILI	106	GLAVNA PALUBA	1.6	
OSOBNI AUTOMOBILI	54	MEĐUPALUBA	1.6	
MOTOCIKLI	9	GLAVNA PALUBA	0.2	
MOTOCIKLI	6	MEĐUPALUBA	0.2	
PUTNIKA	1200	PALUBA PUTNIKA	0.1	
CENTRACIJA AUTOMOBILA				
KOMADA	MASA[t]	POZICIJA	Y[m]	Z[m]
56	1.6	2.8m A.B.	0	3.9
40	1.6	3.3m A.B.	0	4.4
10	1.6	3.8m A.B.	0	4.9
22	1.6	5.3m A.B.PORT.	5.35	6.4
32	1.6	5.3m A.B.STAR.	-4.1	6.4
UKUPNA MASA[t]/TEŽIŠTE	256		-0.084	4.93
CENTRACIJA MOTOCIKALA				
KOMADA	MASA[t]	POZICIJA	Z[m]	
9	0.2	2.8m A.B.	3.6	
6	0.2	5.3m A.B.	6.1	
UKUPNA MASA[t]/TEŽIŠTE	3		4.6	
CENTRACIJA PUTNIKA				
KOMADA	MASA[t]	POZICIJA	Z[m]	
808	0.1	8.1m A.B.	9.1	
392	0.1	10.55m A.B.	11.55	
UKUPNA MASA[t]/TEŽIŠTE	120		9.90	

10.1. Analiza trima i stabiliteta

10.1.1. Prvo stanje krcanja

Prvo stanje krcanja definirano je tablicom.

Tablica 38: Tablica masa (S.K. - 1)

Item Name	Quantity	Weight t	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. Tm	FSM
MASA ČE.	1	1283	0	3.84	0	0	
MASA OP.	1	396.6	0	6.21	0.116	0	
TREAILERI	1	480	0	5.5	0	0	
AUTOMOBILI	1	76.8	0	5.15	0	0	
PUTNICI	1	80	0	9.41	0	0	
PLINPPORT	83.50%	14.17	15.779	1.346	1.25	3.387	Max
PLINPSTAR	83.50%	14.17	15.779	1.346	-1.25	3.387	Max
PLISKPORT	83.50%	14.17	-15.779	1.346	1.25	3.387	Max
PLINKSTRA	83.50%	14.17	-15.779	1.346	-1.25	3.387	Max
BALASTPP1	0%	0	11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTPP2	0%	0	18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTPP3	0%	0	25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTPS1	0%	0	11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTPS2	0%	0	18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTPS3	0%	0	25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTKP1	0%	0	-11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTKP2	0%	0	-18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTKP3	0%	0	-25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTKS1	0%	0	-11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTKS2	0%	0	-18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTKS3	0%	0	-25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTPP	0%	0	37.163	2.461	0	0	Max
BALASTKP	0%	0	-37.163	2.461	0	0	Max
DIESEL.G	98%	9.085	33.6	1.627	0	0	Max
PVODAP	96.50%	29.18	25.8	1.513	0	43.2	Max
PVODAK	96.50%	29.18	-25.8	1.513	0	43.2	Max
LUB OILP	98%	2.434	4.5	0.245	0	0	Max
LUB OILK	98%	2.434	-4.5	0.245	0	0	Max
Total Weight=		2445	LCG=0,125	VCG=4,645	TCG=0,019	99.948	
		FS corr.=0,041					
		VCG fluid=4,686					

Provjera hidrostatičke karakteristike broda u zadanom stanju krcanja (provjera trima)

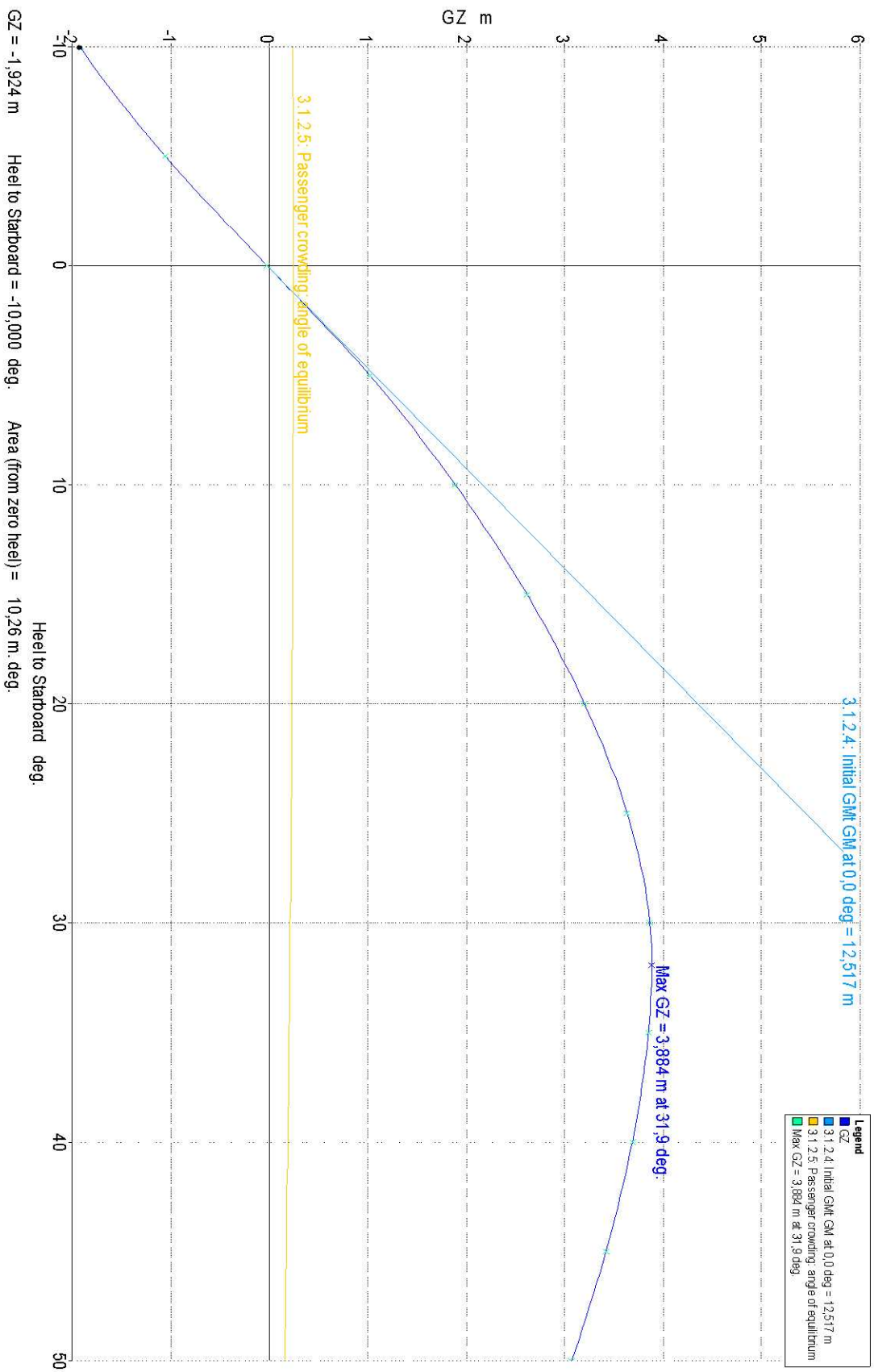
Tablica 39: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 1)

Draft Amidsh. m	2.5
Displacement tonne	2445
Heel to Starboard degrees	0.1
Draft at FP m	2.525
Draft at AP m	2.475
Draft at LCF m	2.5
Trim (+ve by stern) m	-0.05
WL Length m	82.832
WL Beam m	20
Wetted Area m ²	1448.49
Waterpl. Area m ²	1302.611
Prismatic Coeff.	0.676
Block Coeff.	0.571
Midship Area Coeff.	0.848
Waterpl. Area Coeff.	0.786
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.127
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0.104
KB m	1.408
KG fluid m	4.686
BMt m	15.794
BML m	206.521
GMt corrected m	12.517
GML corrected m	203.244
KMt m	17.202
KML m	207.929
Immersion (TPc) tonne/cm	13.354
MTc tonne.m	60.91
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	534.196
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Provjera primarnih uvjeta stabiliteta.

Tablica 40: Provjera osnovnih uvjeta stabiliteta (S.K. – 1)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		30	deg	30	
		50	deg		
		3.151	m.deg	71.8	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		
		50	deg		
5.157	m.deg	110.1	Pass		
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30	deg	30	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		
		50	deg		
1.719	m.deg	38.26	Pass		
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (\geq) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30	deg	30	Pass
		90	deg		
		31.9	deg	31.9	
		0.2	m	3.884	Pass
			deg	31.9	
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	31.9	Pass Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0	deg		Pass
		0.15	m	12.52	Pass



Silka 50: Poluga stabiliteta (S.K. - 1)

Provjera uvjeta stabiliteta za brod za prijevoz putnika.

Tablica 41: Provjera uvjeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 1)

A.749(18) Ch3	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$				Pass
	number of passengers: n_{Pass} =	800			
	passenger mass: M =	0.075	tonne		
	distance from centre line: D =	10	m		
	cosine power: n =	1			
	shall not be greater than (\leq)	10	deg	1.2	
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude		m	0.245	

10.1.2. Drugo stanja krcanja

Drugo stanje krcanja definirano je tablicom.

Tablica 42: Tablica masa(S.K. – 2)

Item Name	Quantity	Weight t	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. Tm	FSM
MASA ČE.	1	1283	0	3.84	0	0	
MASA OP.	1	396.6	0	6.21	0.116	0	
TREAILERI	1	480	0	5.5	0	0	
AUTOMOBILI	1	76.8	0	5.15	0	0	
PUTNICI	1	80	0	9.41	0	0	
PLINPPORT	8.30%	1.393	15.807	0.691	1.25	3.387	Max
PLINPSTAR	8.30%	1.393	15.807	0.691	-1.25	3.387	Max
PLISKPORT	8.30%	1.393	-15.807	0.691	1.25	3.387	Max
PLINKSTRA	8.30%	1.393	-15.807	0.691	-1.25	3.387	Max
BALASTPP1	0%	0	11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTPP2	0%	0	18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTPP3	0%	0	25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTPS1	0%	0	11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTPS2	0%	0	18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTPS3	0%	0	25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTKP1	0%	0	-11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTKP2	0%	0	-18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTKP3	0%	0	-25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTKS1	0%	0	-11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTKS2	0%	0	-18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTKS3	0%	0	-25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTPP	0%	0	37.163	2.461	0	0	Max
BALASTKP	0%	0	-37.163	2.461	0	0	Max
DIESEL.G	10%	0.9271	33.598	0.616	0	5.376	Max
PVODAP	10%	3.024	25.8	0.605	0	43.2	Max
PVODAK	10%	3.024	-25.8	0.605	0	43.2	Max
LUB OILP	10%	0.2484	4.5	0.025	0	3.726	Max
LUB OILK	10%	0.2484	-4.5	0.025	0	3.726	Max
Total Weight=		2329	LCG=0,013	VCG=4,802	TCG=0,020	112.776	
		FS corr.=0,048		VCG fluid=4,85			

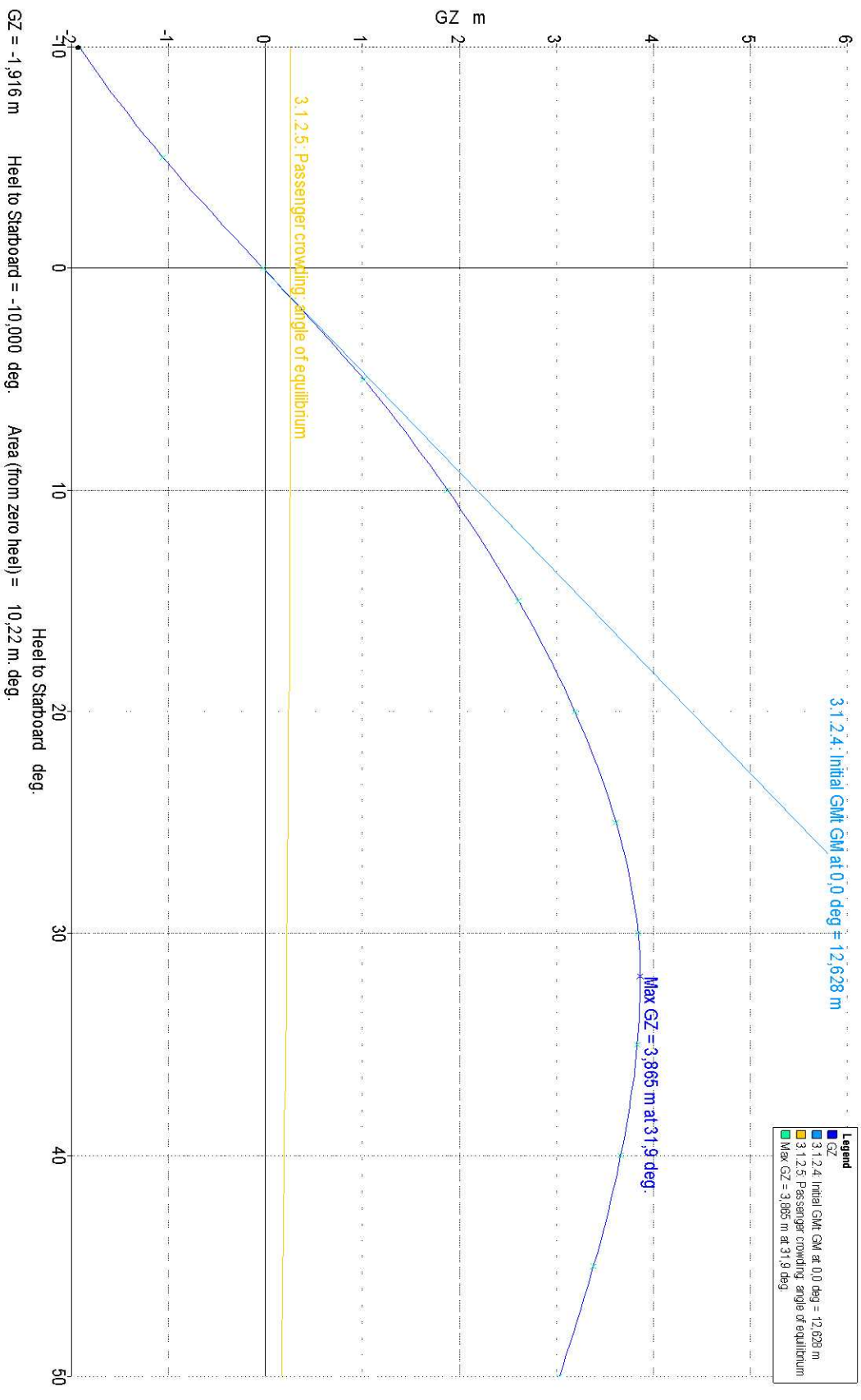
Provjera hidrostatičke karakteristike broda u zadanom stanju krcanja (provjera trima)

Tablica 43: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 2)

Draft Amidsh. m	2.413
Displacement tonne	2329
Heel to Starboard degrees	0.1
Draft at FP m	2.416
Draft at AP m	2.41
Draft at LCF m	2.413
Trim (+ve by stern) m	-0.005
WL Length m	82.905
WL Beam m	20
Wetted Area m ²	1418.318
Waterpl. Area m ²	1281.763
Prismatic Coeff.	0.671
Block Coeff.	0.566
Midship Area Coeff.	0.843
Waterpl. Area Coeff.	0.773
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.014
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0.01
KB m	1.356
KG fluid m	4.85
BMt m	16.122
BML m	208.671
GMt corrected m	12.627
GML corrected m	205.176
KMt m	17.478
KML m	210.027
Immersion (TPc) tonne/cm	13.141
MTc tonne.m	58.572
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	513.364
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Tablica 44: Provjera osnovnih uvjeta stabiliteta (S.K. – 2)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		30	deg	30	
		50	deg		
		3.151	m.deg	71.48	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		
		5.157	m.deg	109.5	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30	deg	30	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		
		1.719	m.deg	38.07	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (\geq) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30	deg	30	Pass
		90	deg		
		31.9	deg	31.9	
		0.2	m	3.865	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	31.9	Pass
					Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0	deg		Pass
		0.15	m	12.63	Pass



Slika 51: Poluga stabiliteta (S.K. - 2)

Provjera uvjeta stabiliteta za brod za prijevoz putnika.

Tablica 45: Provjera uvjeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 2)

A.749(18) Ch3	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$				Pass
	number of passengers: nPass =	800			
	passenger mass: M =	0.075	tonne		
	distance from centre line: D =	10	m		
	cosine power: n =	1			
	shall not be greater than (\leq)	10	deg	1.3	
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude		m	0.258	

10.1.3. Treće stanje krcanja

Treće stanje krcanja definirano je tablicom.

Tablica 46: Tablica masa (S.K. – 3)

Item Name	Quantity	Weight t	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. Tm	FSM
MASA ČE.	1	1283	0	3.84	0	0	
MASA OP.	1	396.6	0	5.96	0.116	0	
TREAILERI	1	256	0	4.93	0.084	0	
AUTOMOBILI	1	3	0	4.6	0	0	
PUTNICI	1	120	0	9.9	0	0	
PLINPPORT	83.50%	14.17	15.779	1.346	1.25	3.387	Max
PLINPSTAR	83.50%	14.17	15.779	1.346	-1.25	3.387	Max
PLISKPORT	83.50%	14.17	-15.779	1.346	1.25	3.387	Max
PLINKSTRA	83.50%	14.17	-15.779	1.346	-1.25	3.387	Max
BALASTPP1	0%	0	11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTPP2	0%	0	18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTPP3	0%	0	25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTPS1	0%	0	11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTPS2	0%	0	18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTPS3	0%	0	25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTKP1	0%	0	-11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTKP2	0%	0	-18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTKP3	0%	0	-25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTKS1	0%	0	-11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTKS2	0%	0	-18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTKS3	0%	0	-25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTPP	0%	0	37.163	2.461	0	0	Max
BALASTKP	0%	0	-37.163	2.461	0	0	Max
DIESEL.G	98%	9.085	33.6	1.627	0	0	Max
PVODAP	96.50%	29.18	25.8	1.513	0	43.2	Max
PVODAK	96.50%	29.18	-25.8	1.513	0	43.2	Max
LUB OILP	98%	2.434	4.5	0.245	0	0	Max
LUB OILK	98%	2.434	-4.5	0.245	0	0	Max
Total Weight=		2188	LCG=0,140	VCG=4,541	TCG=0,031	99.948	
			FS corr.=0,046		VCG fluid=4,587		

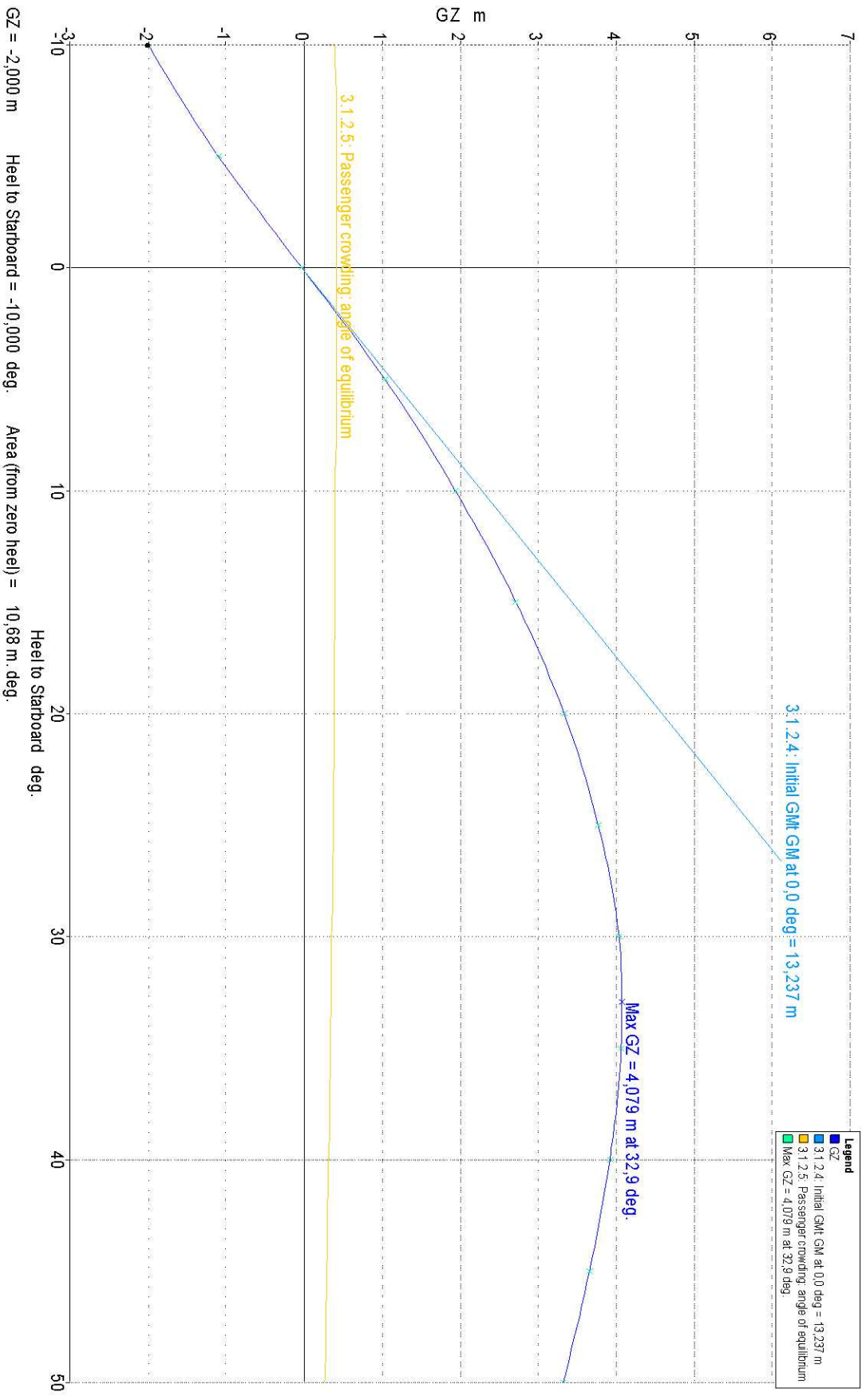
Provjera hidrostatičke karakteristike broda u zadanom stanju krcanja (provjera trima).

Tablica 47: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 3)

Draft Amidsh. m	2.304
Displacement tonne	2188
Heel to Starboard degrees	0.1
Draft at FP m	2.331
Draft at AP m	2.277
Draft at LCF m	2.304
Trim (+ve by stern) m	-0.054
WL Length m	83.037
WL Beam m	20
Wetted Area m ²	1381.159
Waterpl. Area m ²	1256.145
Prismatic Coeff.	0.665
Block Coeff.	0.552
Midship Area Coeff.	0.834
Waterpl. Area Coeff.	0.756
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.142
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0.097
KB m	1.291
KG fluid m	4.587
BMt m	16.531
BML m	212.405
GMt corrected m	13.235
GML corrected m	209.109
KMt m	17.823
KML m	213.696
Immersion (TPc) tonne/cm	12.878
MTc tonne.m	56.064
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	505.348
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Tablica 48: Provjera osnovnih uvjeta stabiliteta (S.K. – 3)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		30	deg	30	
		50	deg		Pass
		3.151	m.deg	74.41	
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		Pass
		5.157	m.deg	114.8	
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30	deg	30	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		Pass
		1.719	m.deg	40.38	
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (\geq) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30	deg	30	Pass
		90	deg		
		32.9	deg	32.9	Pass
		0.2	m	4.079	
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	32.9	Pass
					Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0	deg		Pass
		0.15	m	13.24	Pass



Slika 52: Poluga stabiliteta (S.K. – 3)

Provjera uvjeta stabiliteta za brod za prijevoz putnika.

Tablica 49: Provjera uvjeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 3)

A.749(18) Ch3	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / disp. D \cos^n(\phi)$				Pass
	number of passengers: n_{Pass} =	1200			
	passenger mass: M =	0.075	tonne		
	distance from centre line: D =	10	m		
	cosine power: n =	1			
	shall not be greater than (\leq)	10	deg	2	
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude		m	0.411	
					Pass

10.1.4. Četvrto stanje krcanja

Četvrto stanje krcanja definirano je tablicom.

Tablica 50: Tablica masa (S.K. – 4)

Item Name	Quantity	Weight t	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. Tm	FSM
MASA ČE.	1	1283	0	3.84	0	0	
MASA OP.	1	396.6	0	5.96	0.116	0	
TREAILERI	1	256	0	4.93	0.084	0	
AUTOMOBILI	1	3	0	4.6	0	0	
PUTNICI	1	120	0	9.9	0	0	
PLINPPORT	8.30%	1.393	15.807	0.691	1.25	3.387	Max
PLINPSTAR	8.30%	1.393	15.807	0.691	-1.25	3.387	Max
PLISKPORT	8.30%	1.393	-15.807	0.691	1.25	3.387	Max
PLINKSTRA	8.30%	1.393	-15.807	0.691	-1.25	3.387	Max
BALASTPP1	0%	0	11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTPP2	0%	0	18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTPP3	0%	0	25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTPS1	0%	0	11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTPS2	0%	0	18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTPS3	0%	0	25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTKP1	0%	0	-11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTKP2	0%	0	-18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTKP3	0%	0	-25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTKS1	0%	0	-11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTKS2	0%	0	-18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTKS3	0%	0	-25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTPP	0%	0	37.163	2.461	0	0	Max
BALASTKP	0%	0	-37.163	2.461	0	0	Max
DIESEL.G	10%	0.9271	33.598	0.616	0	5.376	Max
PVODAP	10%	3.024	25.8	0.605	0	43.2	Max
PVODAK	10%	3.024	-25.8	0.605	0	43.2	Max
LUB OILP	10%	0.2484	4.5	0.025	0	3.726	Max
LUB OILK	10%	0.2484	-4.5	0.025	0	3.726	Max
Total Weight=		2072	LCG=0,015	VCG=4,712	TCG=0,033	112.776	
			FS corr.=0,054 VCG fluid=4,767				

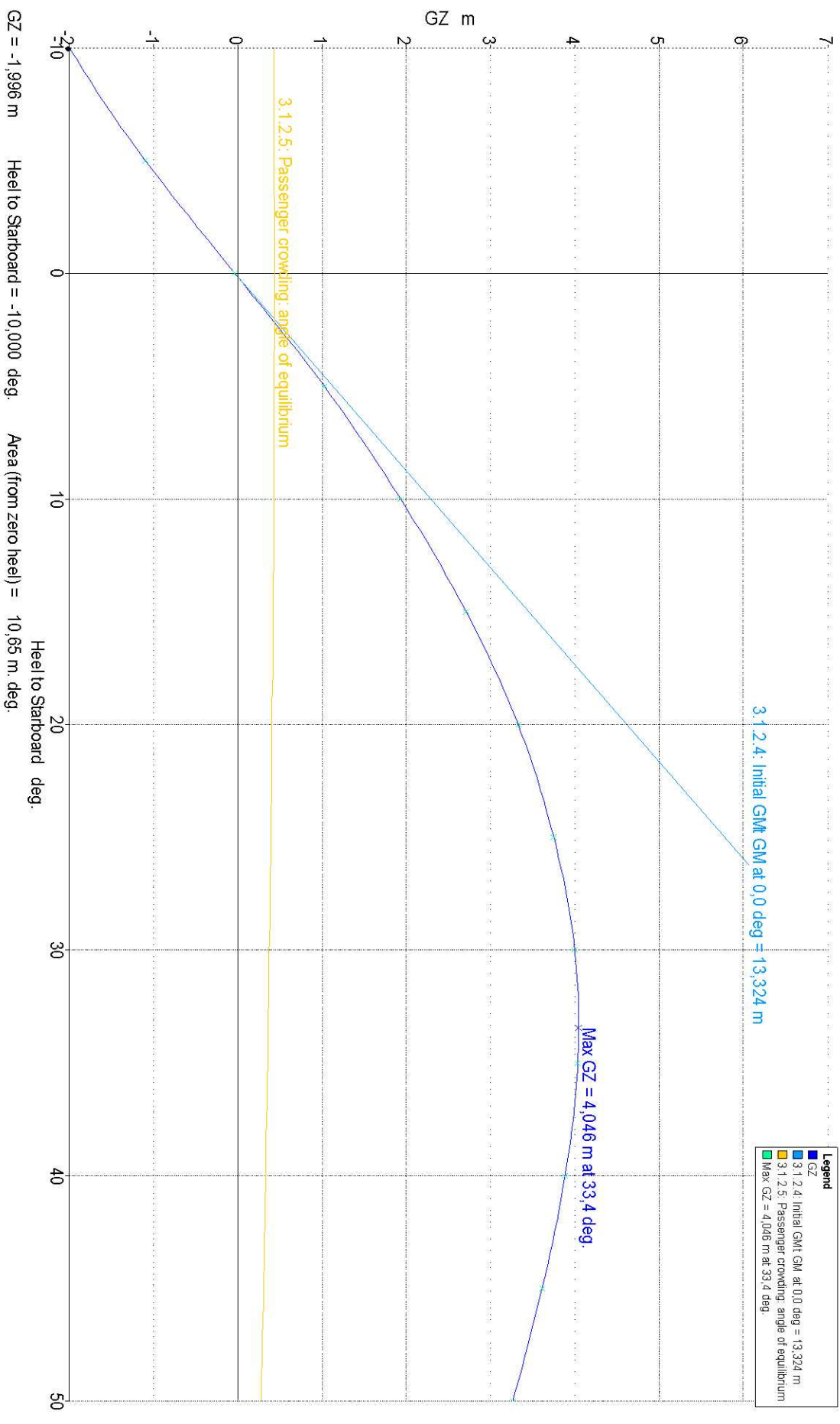
Provjera hidrostatičke karakteristike broda u zadanom stanju krcanja (provjera trima)

Tablica 51: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 4)

Draft Amidsh. m	2.213
Displacement tonne	2072
Heel to Starboard degrees	0.1
Draft at FP m	2.216
Draft at AP m	2.21
Draft at LCF m	2.213
Trim (+ve by stern) m	-0.006
WL Length m	83.147
WL Beam m	20
Wetted Area m ²	1349.921
Waterpl. Area m ²	1234.27
Prismatic Coeff.	0.66
Block Coeff.	0.545
Midship Area Coeff.	0.827
Waterpl. Area Coeff.	0.742
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.015
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0.01
KB m	1.237
KG fluid m	4.767
BMt m	16.85
BML m	216.312
GMt corrected m	13.32
GML corrected m	212.782
KMt m	18.087
KML m	217.549
Immersion (TPc) tonne/cm	12.654
MTc tonne.m	54.021
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	481.592
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Tablica 52: Provjera osnovnih uvjeta stabiliteta (S.K. – 4)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle	0	deg	0	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	30	deg	30	
	angle of vanishing stability	50	deg		
	shall not be less than (\geq)	3.151	m.deg	74.04	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle	0	deg	0	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	50 5.157	deg m.deg	 114.1	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle	30	deg	30	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	50 1.719	deg m.deg	 40.03	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle	30	deg	30	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	90	deg		
	angle of max. GZ	33.4	deg	33.4	
	shall not be less than (\geq) Intermediate values angle at which this GZ occurs	0.2 deg	m deg	4.046 33.4	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
	shall not be less than (\geq)	25	deg	33.4	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle	0	deg		Pass
	shall not be less than (\geq)	0.15	m	13.32	Pass



Slika 53: Poluga stabiliteta (S.K. – 4)

Provjera uvjeta stabiliteta za brod za prijevoz putnika.

Tablica 53: Provjera uvjeta stabiliteta za putničke brodove (S.K. – 4)

A.749(18) Ch3	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / disp. D \cos^n(\phi)$				Pass
	number of passengers: n_{Pass} =	1200			
	passenger mass: M =	0.075	tonne		
	distance from centre line: D =	10	m		
	cosine power: n =	1			
	shall not be greater than (\leq)	10	deg	2.2	
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude		m	0.434	

10.1.5. Peto stanje krcanja

Peto stanje krcanja definirano je tablicom

Tablica 54: Tablica masa (S.K. – 5)

Item Name	Quantity	Weight t	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. Tm	FSM
MASA ČE.	1	1283	0	3.84	0	0	
MASA OP.	1	396.6	0	6.21	0.116	0	
TREAILERI	0	480	0	5.5	0	0	
AUTOMOBILI	0	76.8	0	5.15	0	0	
PUTNICI	0	80	0	9.41	0	0	
PLINPPORT	83.50%	14.17	15.779	1.346	1.25	3.387	Max
PLINPSTAR	83.50%	14.17	15.779	1.346	-1.25	3.387	Max
PLISKPORT	83.50%	14.17	-15.779	1.346	1.25	3.387	Max
PLINKSTRA	83.50%	14.17	-15.779	1.346	-1.25	3.387	Max
BALASTPP1	0%	0	11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTPP2	0%	0	18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTPP3	0%	0	25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTPS1	0%	0	11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTPS2	0%	0	18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTPS3	0%	0	25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTKP1	0%	0	-11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTKP2	0%	0	-18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTKP3	0%	0	-25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTKS1	0%	0	-11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTKS2	0%	0	-18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTKS3	0%	0	-25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTPP	0%	0	37.163	2.461	0	0	Max
BALASTKP	0%	0	-37.163	2.461	0	0	Max
DIESEL.G	98%	9.085	33.6	1.627	0	0	Max
PVODAP	96.50%	29.18	25.8	1.513	0	43.2	Max
PVODAK	96.50%	29.18	-25.8	1.513	0	43.2	Max
LUB OILP	98%	2.434	4.5	0.245	0	0	Max
LUB OILK	98%	2.434	-4.5	0.245	0	0	Max
Total Weight=		1809	LCG=0,169	VCG=4,186	TCG=0,025	99.948	
			FS corr.=0,055				
			VCG fluid=4,241				

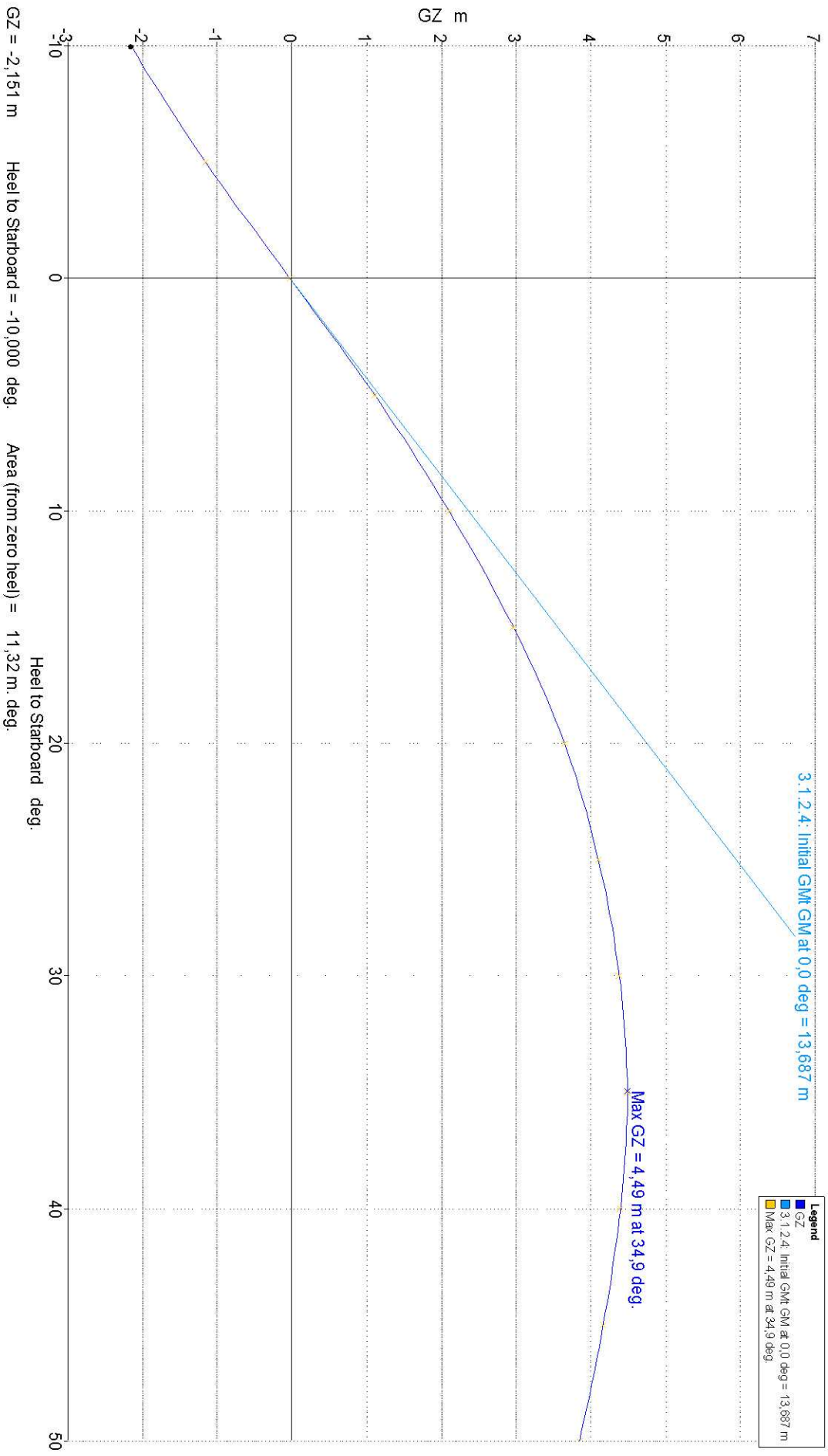
Provjera hidrostatičke karakteristike broda u zadanom stanju krcanja (provjera trima)

Tablica 55: Hidrostatičke karakteristike (S.K. – 5)

Draft Amidsh. m	2
Displacement tonne	1809
Heel to Starboard degrees	0.1
Draft at FP m	2.03
Draft at AP m	1.969
Draft at LCF m	2
Trim (+ve by stern) m	-0.061
WL Length m	83.404
WL Beam m	19.749
Wetted Area m ²	1270.321
Waterpl. Area m ²	1168.888
Prismatic Coeff.	0.649
Block Coeff.	0.529
Midship Area Coeff.	0.82
Waterpl. Area Coeff.	0.71
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.171
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0.094
KB m	1.111
KG fluid m	4.241
BMt m	16.82
BML m	228.214
GMt corrected m	13.689
GML corrected m	225.083
KMt m	17.93
KML m	229.324
Immersion (TPc) tonne/cm	11.983
MTc tonne.m	49.887
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	432.087
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Tablica 56: Provjera osnovnih uvjeta stabiliteta (S.K. – 5)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle	0	deg	0	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	30	deg	30	
	angle of vanishing stability	50	deg		
	shall not be less than (\geq)	3.151	m.deg	80.9	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle	0	deg	0	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability	50	deg		
	shall not be less than (\geq)	5.157	m.deg	125.4	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle	30	deg	30	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability	50	deg		
	shall not be less than (\geq)	1.719	m.deg	44.54	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle	30	deg	30	Pass
	to the lesser of spec. heel angle	90	deg		
	angle of max. GZ	34.9	deg	34.9	
	shall not be less than (\geq) Intermediate values angle at which this GZ occurs	0.2	m	4.49	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	34.9	Pass Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0 0.15	deg m	13.69	Pass Pass



Slika 54: Poluga stabiliteta (S.K. – 5)

10.1.5. Šesto stanje krcanja

Šesto stanje krcanja definirano je tablicom.

Tablica 57: Tablica masa (S.K. – 6)

Item Name	Quantity	Weight t	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. Tm	FSM
MASA ČE.	1	1283	0	3.84	0	0	
MASA OP.	1	396.6	0	6.21	0.116	0	
TREAILERI	0	480	0	5.5	0	0	
AUTOMOBILI	0	76.8	0	5.15	0	0	
PUTNICI	0	80	0	9.41	0	0	
PLINPPORT	8.30%	1.393	15.807	0.691	1.25	3.387	Max
PLINPSTAR	8.30%	1.393	15.807	0.691	-1.25	3.387	Max
PLISKPORT	8.30%	1.393	-15.807	0.691	1.25	3.387	Max
PLINKSTRA	8.30%	1.393	-15.807	0.691	-1.25	3.387	Max
BALASTPP1	100%	45.56	11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTPP2	100%	34.33	18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTPP3	100%	13.52	25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTPS1	100%	45.56	11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTPS2	100%	34.33	18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTPS3	100%	13.52	25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTKP1	100%	45.56	-11.899	1.94	7.616	0	Max
BALASTKP2	100%	34.33	-18.926	2.116	7.547	0	Max
BALASTKP3	100%	13.52	-25.222	2.409	7.376	0	Max
BALASTKS1	100%	45.56	-11.899	1.94	-7.616	0	Max
BALASTKS2	100%	34.33	-18.926	2.116	-7.547	0	Max
BALASTKS3	100%	13.52	-25.222	2.409	-7.376	0	Max
BALASTPP	100%	92.96	37.163	2.461	0	0	Max
BALASTKP	100%	92.96	-37.163	2.461	0	0	Max
DIESEL.G	10%	0.9271	33.598	0.616	0	5.376	Max
PVODAP	10%	3.024	25.8	0.605	0	43.2	Max
PVODAK	10%	3.024	-25.8	0.605	0	43.2	Max
LUB OILP	10%	0.2484	4.5	0.025	0	3.726	Max
LUB OILK	10%	0.2484	-4.5	0.025	0	3.726	Max
Total Weight=		2252	LCG=0,014	VCG=3,832	TCG=0,020	112.776	
			FS corr.=0,05 VCG fluid=3,882				

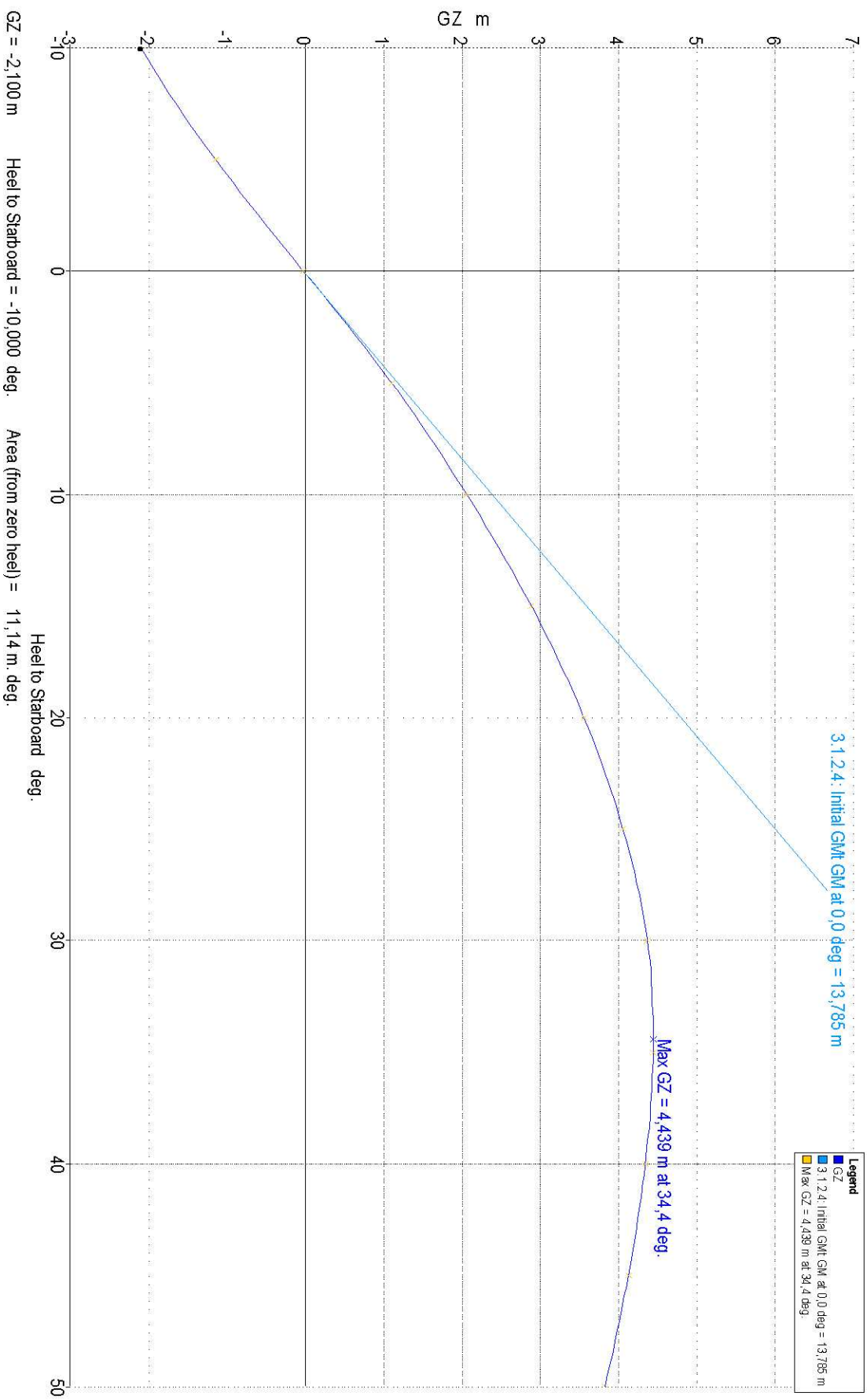
Provjera hidrostatičke karakteristike broda u zadanom stanju krcanja (provjera trima)

Tablica 58: Hidrostatičke značajke (S.K. – 6)

Draft Amidsh. m	2.354
Displacement tonne	2252
Heel to Starboard degrees	0.1
Draft at FP m	2.357
Draft at AP m	2.351
Draft at LCF m	2.354
Trim (+ve by stern) m	-0.006
WL Length m	82.977
WL Beam m	20
Wetted Area m ²	1398.142
Waterpl. Area m ²	1267.874
Prismatic Coeff.	0.668
Block Coeff.	0.56
Midship Area Coeff.	0.839
Waterpl. Area Coeff.	0.764
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.014
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0.01
KB m	1.321
KG fluid m	3.882
BMt m	16.346
BML m	210.552
GMt corrected m	13.785
GML corrected m	207.991
KMt m	17.667
KML m	211.873
Immersion (TPc) tonne/cm	12.998
MTc tonne.m	57.407
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	541.838
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Tablica 59: Provjera osnovnih uvjeta stabiliteta (S.K. – 6)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		30	deg	30	
		50	deg		Pass
		3.151	m.deg	79.55	
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0	deg	0	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		Pass
		5.157	m.deg	123.7	
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30	deg	30	Pass
		40	deg	40	
		n/a	deg		Pass
		1.719	m.deg	44.1	
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (\geq) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30	deg	30	Pass
		90	deg		
		34.4	deg	34.4	Pass
		0.2	m	4.439	
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	34.4	Pass
					Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0	deg		Pass
		0.15	m	13.79	Pass



Slika 55: Poluga stabiliteta (S.K. – 6)

10.2. Zaključak analize trima i stabiliteta

Analizom trima utvrđeno je da brod u osnovnim stanjima krcanja ima minimalni trim koji se očituje razlikom od 25 mm na zagaznicama (posljedica asimetričnog tanka dizel goriva). Također vidljiv je minimalni bočni nagib od 0.1° zbog nesimetrične konstrukcije palubica (moguća korekcija stalnim balastom). Veći trimovi i kutovi nagiba mogu biti ostvareni neuravnoteženim smještajem automobila, što se tada korigira balastom u balastnim tankovima (jako rijetko u praksi).

Analiza stabiliteta pokazala je da brod prolazi po svim osnovnim kriterijima. U promatranim stanjima krcanja uzet je i u obzir da su svi putnici na jednom boku broda i tada brod ima nagib od 1.2 do 2° dok je maksimalni dopušteni 10° .

11. Ekonomska analiza broda

Zbog mnogih nepoznatih faktora (postotak subvencioniranih karata) koji direktno određuje profit, lučke takse i ostala tekuća davanja nemoguće je napraviti preciznu „klasičnu“ ekonomsku analizu.

Tako da će se zapravo ekonomska analiza bazirati na prednostima pogona ovog projekta nad M/B Hrvat. Da bi se dobili što realniji rezultati brzina i vrijeme provedeno u plovidbi projekta biti će jednaka podacima iz naravi (M/B Hrvat).

Analiza će se provesti na ruti Split-Supetar u trajanju od jedne godine s realnim brojem plovidbi preuzetih iz reda plovidbe. Podaci o režimima u kojima rade strojevi na (M/B Hrvat) izmjereni su u naravi i revidirani s dnevnikom stroja istog broda.

Tablica 60: Specifična potrošnja M/B Hrvat

M/B Hrvat				
	Kom	% MCR	s.f.c.[l/h]	MGO cijena [kn/L]
Premčani propulzori	2	65	72.9	4.87
Krmeni propulzori	2	75	84.1	4.87
Ukupna specifična potrošnja [l/h]		314.01		
Ukupna specifična potrošnja [kn/h]		1529.3		

Podacima iz tablice mogu se pridodati brzina broda od 10.5 čv i vrijeme trajanja plovidbe od 55 min.

U sljedećoj tablici biti će proračunata specifična potrošnja projekta pri istoj brzini.

Tablica 61: Specifična potrošnja goriva projekta

Projekt				
	Kom	% MCR	s.f.c.[kg/h]	UNP cijena [kn/kg]
Generatori	2	64	69.0	2.88
Ukupna specifična potrošnja [kg/h]		137.98		
Ukupna specifična potrošnja [kn/h]		397		

Ako pretpostavimo da brod vozi 9 puta dnevno (po redu vožnje) cijelu godinu možemo konstruirati sljedeću tablicu.

Tablica 62: Usporedba specifičnih godišnjih potrošnja goriva

	Dnevnih ruta	Vrijeme plovidbe [min]	U.S.P [kn/h]
M/B Hrvat	9	55	1529.25
Projekt	9	55	397.4
Godišnja potrošnja-Hrvat [kn]		4604954	
Godišnja potrošnja-Projekt [kn]		1196652	

Iz tablice se vidi da je razlika godišnje potrošnje 3.408.300 KN, odnosno da je ušteda projekta naspram M/B Hrvat u istim uvjetima plovidbe (Split-Supetar) jednaka 74%.

Kako je ova ušteda bazirana na potrošnji pogonskog goriva, za detaljnu ekonomsku analizu trebalo bi napraviti analizu isplativosti samog projekta jer gradnja broda bi u konačnici stajala 10-20% više od M/B Hrvat odnosno cca 1.8 mil.\$.

U slučaju da se radi o pregradnji (konverziji) postojećih brodova (M/B Hrvat i sestrinski brodovi), ako je moguće, početno ulaganje bi se vratilo za 4-5 godina, a od tada bi imali godišnju zaradu od cca 3.000.000 kn veću od sadašnje.

12. Posebni zahtjevi za udobnost putnika

Kako se radi o RORO putničkom brodu uz ostale treba zadovoljiti i uvijete koji se tiču udobnosti putnika odnosno buke vibracija i odziva broda na valovitom moru. Granične vrijednosti pojedinih fizikalnih veličina koje opisuju svojstva udobnosti regulirani su ABS-CONF[+].[23],[24]

Buka

Maksimalne vrijednosti buke definirane su u sljedećoj tablici.

Tablica 63: maksimalne vrijednosti buke

Prostor	Razina buke u dB
Prostori opće namjene - trajekti	60
Svi komunikacijski putevi	65
Otvorene palube - garaže	70

Kod proračuna izolacije potrebno se ravnati ISO standardima ISO 717-1 i ISO 717-2.

U samom projektu razina buke svedena na minimum postavljanjem svih strojeva u dvije strojarnice ispod glavne palube (mogućnost izolacije plafona strojarnica i ugradnja izoliranih vrata).Također problemi se mogu javiti na glavnoj palubi uslijed rada lučkih generatora, te prostorije će biti propisno izolirana da se razina buke na palubi svede na minimum.

Vibracije broskog trupa

Prema ABS CONF [+] [24] frekvencija vibracija broskog trupa treba biti u 0.5-80 Hz, i lokalno ubrzanja ne smije preći 0.2 m/s^2 .

Na projektu je za očekivati da neće biti problema što se tiče vibracija. Svi strojevi (generatori) su dvostruko temeljeni, dok je zazor između propelera i trupa velik (cca 650 mm) i pa neće doći do kritičnih vrijednosti ubrzanja uzrokovanih brodskim vijkom.

Odzivi broda uzrokovani valovitim morem

Kako nije izrađena direktna analiza odziva broda na valovitom moru (Jadransko more). Za okvirne vrijednosti možemo uzeti vrijednosti dobivene programom Mars2000 (obalna plovidba, brzina broda 13 čv): maksimalna vertikalna na rebru #0 jednaka je 2.55 m/s^2 , maksimalna uzdužna 2.05 m/s^2 maksimalna frekvencija ljuljanja 0.15 rad/s .

Sve vrijednosti nalaze se u dozvoljenom području.

13. Tehnički opis

1. TEHNIČKE ZNAČAJKE BRODA

1.1. NAMJENA I OPIS BRODA

Brod će bit projektiran kao Ro-Ro i putnički brod predviđen za ravnopravnu plovidbu u oba smjera ("double ended") . Brod je predviđen za prijevoz putnika i automobila kao i pakovanih opasnih tereta ukrcanih na vozila, za područje plovidbe 6, trajanje plovidbe do 120 min.

Za pogon će biti ugrađena četiri okretna propulzora s fiksnim krilima, dva na pramcu i dva na krmu. Propulzori će biti direktno pogonjeni elektro-motorima napajanim plinskim generatorima.

Brod će imati otvorenu garažu na glavnoj palubi te dvije rampe za ukrcaj/iskrcaj vozila, jednu na pramcu i jednu na krmu, imat će i četiri rampe za ukrcaj putnika dvije na pramcu i dvije na krmu na visini palube kaštela.

Brod je projektiran kao "protočni", tako da operacija ukrcaja i iskrcaja trži minimalno vrijeme a s obzirom da ravnopravno vozi u oba smjera vrijeme manevra u luci je smanjeno na minimum.

Pogonski plinski generatori biti će smješteni u dvije strojarnice, na sredini broda.

Pomoćni i lučki diesel generator biti će smješteni na sunčanoj palubi.

Brod je s osam poprečnih pregrada podijeljen u slijedeće odjeljke:

- krmeni pik
- krmena prop. strojarnica
- suhi prostor R 20 - R 37
- prostor plina R 37 - R 55
- gen. strojarnica R 55 - R 73
- suhi prostor R 73 - R 89
- gen. strojarnica
- prostor plina
- pramčana prop. strojarnica
- pramčani pik

Vertikalno će brod biti podijeljen u pet razina:

- dvodno
- glavna paluba
- međupaluba
- paluba putnika
- sunčana paluba

Tornjevi na pramcu i krmi s palubom platforme predviđeni su smještaj opreme za sidrenje i vez, hidrauličke opreme rampi i spremište sidrenih lanaca.

Stubište i rampe za ukrcaj putnika predviđeno su s glavne palube preko međupalube do palube salona. Ukrcaj putnika vršit će se preko rampi na palubi kaštela.

1.2. GLAVNE DIMENZIJE

- Dužina preko svega: 91.4 m
- Lpp: 81.6 m
- Širina: 20 m
- Visina do gl. Palube: 3.8/2.8 m
- Gaz max: 2.5 m
- Svjetla visina iznad gl. Palube: 4.4 m
- Svjetla visina ostalih prostora: 2.1 m

Visine paluba:

- međupaluba od osnovice: 5.3 m
- paluba kaštela od osnovice: 6.3 m
- paluba putnika od osnovice: 8.1 m
- sunčana paluba od osnovice: 10.55 m
- krov kormilarnice od osnovice: 12.9 m

Visina dvodna: 0.5 m

1.3. NOSIVOST I GAZ

Nosivost će biti mjerena u tonama u morskoj vodi gustoće 1.025 t/m³.

Nosivost na gazu 2.5 m biti će oko 765 t

Nosivost je definirana kao razlika istisnine na odgovarajućem gazu i istisnine na gazu praznog broda a sadrži:

- putnike i njihovu prtljagu
- teret
- pune zalihe goriva, ulja i vode
- posadu i zalihe
- težine u spremama

Težina praznog broda predstavlja brod spreman za plovidbu i uključuje:

- trup, strojeve i opremu
- inventar i rezervne dijelove
- tekućine u strojevima i cjevovodima potrebne za rad sustava.

1.4. KAPACITETI

Kapaciteti broda će biti slijedeći:

- Putnici : 1200 od toga 800 u zatvorenom salonu
- Posada: 8 članova
- Vozila: 160 standardnih automobila ili 12 trailera svaki 40 t

Smještaj u garaži izrađen je na osno vi slijedećih dimenzija vozila:

- Osobni automobili: 4.4 m x 1.8 m i razmakom od 0.4 m između automobila
- Traileri 18 m x 2.5 m i uzdužnim i poprečnim razmakom između 0.6 m

Kapaciteti tankova:

- plinsko gorivo: 56.5 t
- diesel gorivo 8 t
- slatka voda 58 t
- ulje: 6 t
- tank taloga: 5 m³
- tank kaljuže: 10 m³
- balast: ~560 t

1.5. BRZINA I AUTONOMNOST

Brzina broda u uvjetima pokusne plovidbe (mirno more i vjetar ispod 2 Bf, cisti trup, 4 generatora)

biti će 15 čv na gazu od 2.5 m

Odgovarajuća snaga plinskih porivnih generator biti će 4 x 820 kW.

Pri brzini od 15 čv autonomija će biti oko 2100 nm.

1.6. PREGRADIVANJE, STABILITET I TRIM

Stabilitet će biti u skladu s Pravilima za klasu i područje plovidbe.

1.7. PRAVILA I PROPISI

Brod, uključujući trup, strojeve i uređaje biti će projektiran i građen prema Pravilima za klasu: **+50 A1 M1 aut1 IWS- Ro-Ro Putnicki brod s plinskom propulzijom** za plovidbu u području plovidbe 6 , za prijevoz pakovanih opasnih tereta slijedećih klasa: 1 (eksplozivi), 2 (plinovi), 3 (zapaljive tekućine).

14. Zaključak

Od same ideje do trenutka pisanja ovog zaključka prošlo je oko godine dana više ili manje intenzivnog razmišljanja o projektu. Osnovna ideja bila je budući brod učiniti ugodnijim samim putnicima, poboljšati uvijete rada posade, a troškove eksploatacije minimizirati. Tražiti optimum u jednom od gore navedenih uvjeta nemoguće je odnosno u praksi neprihvatljivo. Stoga se jedino moguće rješenje ponudilo u „malim“ promjenama pojedinih brodskih sustava već prisutnih u pomorskom prometu i na taj način pristupati traženju optimalnog rješenja.

15. Literatura

Članci:

- [1]. Opačić , Vuk Tvrtko (2002.) Geografski aspekt proučavanja trajektnog prometa primjer Hrvatskog otočja, Zadar
- [2]. Vučetić, D. (2006) Eksploatacijske prednosti električne propulzije, Rijeka
- [3]. Maritime Reporter, Optimal Electric ship propulsion
- [4]. Levander O. (2004) Novel propulsion solutions for ferries
- [5]. Levander O. (2004) Advanced Machinery solutions for RO-PAX vessels
- [6]. Rainer G. Investigations about the propulsion of double-ended ferry, Postdam ship model basin
- [7]. Heawik, Konrad Magnus The Norwegian LNG ferry
- [8]. Matsushita Y. Lean burn miller cycle gas engine koneneration system

Brošure:

- [9]. ALSTOM, Electric ship propulsion
- [10]. ABB, AZIPOD & CRP AZIPOD Propulsion
- [11]. INA, Katalog goriva
- [12]. WARTSILA, Engine technology
- [13]. VOITH, Propellers efficient propulsion system for double ended ferries
- [14]. CUMINS, Powering your world
- [15]. Schrottell, brošure
- [16]. Caterpillar, brošure
- [17]. Azimuth thrusters, brošure

Publikacije:

- [18]. Lamb T. (2003) Ship design and construction, Vol 1,2
- [19]. WATSON, D. G. M. (1998). Practical Ship Design
- [20]. EYRES, D. J. (2001). Ship Construction (5th ed.)
- [21]. Slapničar, Gugić (2001) Osnivanje broda, Zagreb
- [22]. ABS (2005) Steel vessels under 90 meters
- [23]. ABS (2001) Passengers vessels
- [24]. ABS Passenger confort on ships
- [25]. CRS (2001) Dio 6, Nadvođe

Računalni programi:

- [S1]. Formation design systems, Maxsurf
- [S2]. Formation design systems, Hydromax
- [S3]. Formation design systems, Hullspeed
- [S4]. Delftship, Free ship
- [S5]. BV, Mars2000
- [S6]. Proteus engineering, Navcad
- [S7]. ANSYS Inc, ANSYS

16. Prilozi

U prilogima se nalaze:

- Tablice izračuna mase čelika
- Tablice izračuna mase opreme
- Opći plan broda
- Linije broda
- Konstrukcijski nacrt gl. Rebra
- Prostorni prikaz

